

I. *Ueber Hrn. De la Rive's Hypothese vom Rückstrom in der Volta'schen Säule;*  
*von J. C. Poggendorff.*

(Gelesen in der Akademie am 26. Mai.)

In seinen *Recherches sur l'electricité voltaïque* hat Hr. De la Rive vor einigen Jahren eine Ansicht über den Vorgang in der Volta'schen Säule aufgestellt, und so viel bekannt, seitdem nicht zurückgenommen, die wesentlich von der aller übrigen Physiker abweicht. Statt nämlich diese, sie mögen sonst in Betreff des Ursprungs der Volta'schen Elektricität widersprechender Meinung seyn, wenigstens darin übereinstimmen, daß sie den Strom der einfach geschlossenen Säule als einen einzigen, unverzweigten ansehen, hält der berühmte Genfer Physiker sich zu der Annahme berechtigt, es finde von den Polen der Säule aus eine doppelte Entladung statt, einmal durch den Schließdraht, und dann durch die Säule selbst <sup>1)</sup>).

Dieser Ansicht gemäß ist zwischen einer geschlossenen und ungeschlossenen Säule kein wesentlicher Unterschied da. Beide sind geschlossen; nur läuft bei der, deren Pole nicht metallisch verknüpft sind, der Strom gänzlich in der Säule zurück, und da dieser Rückstrom dem rechtläufigen an Stärke gleich ist, so heben sie oder ihre Wirkungen einander auf, und damit sind denn alle sichtbaren Anzeigen einer elektrischen Strömung vernichtet. Verbindet man die Pole einer solchen Säule durch einen Metaldraht, so wird nicht erst ein Strom erzeugt,

1) Siehe Ann. Bd. XL. S. 517.

Poggendorff's Annal. Bd. LVI.

sondern nur dem Rückstrom ein neuer Abzugskanal eröffnet, und dieser, auf solche Weise abgeleitete Theil des Rückstroms, nicht der volle Strom, ist es, den wir bei allen unsern Versuchen beobachten.

Hr. De la Rive, der besonders durch das Studium der elektroskopischen Erscheinungen der Säule auf diese Hypothese gelcitet worden ist, hält dieselbe für eine unumgänglich nothwendige Ergänzung der Lehre vom chemischen Ursprung der Volta'schen Elektricität, während Faraday, — sonst doch auch ein guter Anhänger dieser Lehre, — die genannte Hypothese nicht zu Hülfe zieht, sey es nun, dafs er sie nicht kennt, oder dafs er sie für überflüssig hält. Ueberhaupt scheint es nicht, dafs diese Hypothese bisjetzt viel Anerkennung oder Beifall gefunden habe. Vielleicht ist Hr. Lamé der Einzige, der sie adoptirt hat (in seinem *Cours de Physique, Paris 1837 T. II. p. 179*); die meisten Physiker erwähnen ihrer nicht, und einige derselben haben sich sogar tadelnd über sie ausgesprochen.

Von letzteren könnte ich zuvörderst Fechner nennen; indess, um nicht wieder bei Hrn. De la Rive in den Verdacht eines Hyperpatriotismus zu fallen, wie es nach den *Archives de l'électr. No. 3. p. 534.* zu urtheilen, der Fall gewesen ist, will ich lieber einen ausländischen Physiker reden lassen: ich meine Hrn. Vorsselman de Heer, zu Deventer. Derselbe äufsert sich im *Bulletin des sciences physiques etc. en Néerlande, 1839. p. 341* folgendermassen:

» Quant au principe, qui sert de base à la theorie de M. De la Rive, je veux dire la neutralisation des deux electricités à travers la pile elle-même, il est d'abord tout à fait gratuit, et me paraît d'ailleurs peu probable. En effet comment se faire une idée d'une recomposition, s'opérant en même temps et par les mêmes moyens, qui ont produit la décomposition des fluides? Ce serait un mouvement, détruit par la cause

*même qui la fait naître. La nature, ce me semble, aurait pu s'épargner cette peine; elle ne produit pas uniquement pour détruire; un tel mode d'action est contraire à tous ce que nous savons sur la nature des forces, qui régissent les phénomènes matériels, et tant que la théorie chimique aura besoin d'une pareille hypothèse pour se soutenir, les partisans de la théorie de Volta ne manqueront pas d'une arme puissante pour la combattre.»*

Ich glaube man kann nicht anders als diesem Urtheile beipflichten. Selbst die Wahrscheinlichkeit der Hypothese ganz bei Seite gelassen, sind schon die Schlüsse, welche Hr. De la Rive aus ihr ableitet, von der Art, daß sie derselben eben nicht zur Stütze reichen. So z. B. sagt derselbe: *Sobald die Säule auch nur ein wenig besserer Leiter ist als der die Pole verbindende Körper, geht durch diesen nichts oder sehr wenig von dem Strom, — eine Behauptung, die offenbar, wie auch Hr. Vorsselman bemerkt, aller Erfahrung widerspricht* <sup>1)</sup>. Nicht viel besser verhält es sich mit einer anderen Folgerung des berühmten Physikers, mit der nämlich: *es müsse, bei gegebener Plattenfläche einer Säule, die Zahl der Plattenpaare immer so gewählt*

- 1) S. Ann. Bd. XL. S. 521. — Vielleicht hat man diesen Ausspruch nur für eine Uebersetzung zu nehmen; denn einige Seiten weiterhin (S. 525.) äußert der Verfasser ganz richtig: *«Es ist nicht einmal nöthig, was Hr. Marianini voraussetzt, daß der (die Pole verbindende) Leiter so gut leite als die Säule, damit ein Antheil des Stroms durch ihn gehe; denn es ist eine wohlbekannte Eigenschaft des elektrischen Stromes sich immer in mehr oder weniger starkem Verhältniß in alle auf seiner Bahn liegende Leiter zu verbreiten, wie verschieden sie übrigens in der Leitungsfähigkeit auch seyn mögen.»*

Es ist indess zu bemerken, daß, genau genommen, der eine wie der andere Ausspruch bei Hrn. De la Rive nur eine bloße Muthmaßung ist, da derselbe nicht die Mittel kannte, die Leitungsfähigkeit einer Säule scharf zu bestimmen.

*werden, dafs die Säule an sich weniger gut leite, als der die Pole verbindende Körper* <sup>1)</sup>). Dieser Satz hat zwar keine Thatsachen gegen sich; allein sehr zweifelhaft mufs er jedenfalls erscheinen, da wir aus der Ohm'schen Theorie, die sich doch sonst so vielfältig bewährt hat, wissen, dafs, in einem solchen Falle, der Strom das Maximum seiner Stärke erreicht, wenn die Säule *eben so gut leitet* als jener Körper.

Freilich bliebe noch die Richtigkeit der genannten Folgerungen zu erörtern; indefs, wie dem auch sey: bewiesen ist das Daseyn eines Rückstroms in der Säule nicht, und wahrscheinlich eben so wenig; aber es schliesst auch nicht gerade eine Unmöglichkeit ein, und widerlegt ist dasselbe gleichfalls nicht. Da es nun, ganz abgesehen von der leidigen Frage über den Ursprung der Volta'schen Elektricität, für die Theorie der Säule von Wichtigkeit ist, mit Bestimmtheit zu wissen, ob ein Rückstrom in der Flüssigkeit existire oder nicht, und ob demgemäfs der im Schliessdraht beobachtete Strom ein blofs partieller oder der volle der Säule sey, so schien es mir nicht überflüssig, die Hypothese des Hrn. De la Rive einer strengeren Prüfung zu unterwerfen, als sie bisher bestanden hat.

Zu einer solchen Prüfung bietet die Ohm'sche Theorie das sicherste Mittel dar. Diese Theorie ist an sich nicht unverträglich mit der De la Rive'schen Hypothese; aber indem wir sie mit dieser verknüpfen und die dann sich consequent ergebenden Folgerungen mit der Erfahrung vergleichen, können wir mit Bestimmtheit entscheiden, ob die erwähnte Hypothese zulässig sey oder nicht.

Zuvörderst ist wohl klar, dafs das, was Hr. De la Rive von der Säule annimmt, auch von der einfachen Kette angenommen werden mufs, und zweitens, dafs wenn in der Flüssigkeit dieser Kette ein Rückstrom vorhanden

1) Ann. Bd. XL. S. 522.



ist, auf diesen dieselben Grundsätze anwendbar seyn müssen, welche man, ohne das Daseyn eines solchen Rückstroms, auf einen Draht anzuwenden hätte, der in der Flüssigkeit die Platten verbände. Unter diesen Voraussetzungen, durch welche in Bezug auf die Wirkungen des Schließdrahts die De la Rive'sche Hypothese keine Veränderung erleidet, haben wir also drei Ströme zu betrachten, den Hauptstrom in der Flüssigkeit und die beiden Zweigströme in den die Platten verbindenden Drähten, dem Draht in der Flüssigkeit und dem außerhalb derselben, dem gewöhnlichen Schließdraht. Bezeichnet man die Intensität des ersteren mit  $I'$ , die des zweiten mit  $I''$  und die des dritten mit  $I$ , so hat man für diese Ströme die Ausdrücke:

$$I' = \frac{k'(r+r'')}{rr' + rr'' + r'r''}$$

$$I'' = \frac{k'r}{rr' + rr'' + r'r''}$$

$$I = \frac{k'r''}{rr' + rr'' + r'r''}$$

worin  $k'$  die elektromotorische Kraft der Kette, und  $r$ ,  $r'$ ,  $r''$ , die den drei Intensitäten  $I$ ,  $I'$ ,  $I''$  entsprechenden Widerstände, gezählt von den Platten der Kette an.

Diese Formeln schliessen an sich nichts Hypothetisches ein <sup>1)</sup>, und was ihre Anwendbarkeit auf den vorliegenden Fall betrifft, so kann auch diese nach der gemachten Bemerkung keinem Zweifel unterworfen seyn. Sie erleiden jedoch noch eine Vereinfachung, da man offenbar nicht annehmen kann, daß die Flüssigkeit in der einen Richtung eine andere Leitungsfähigkeit besitze als in der entgegengesetzten. Man muß also dem, zur Erläuterung, in der Flüssigkeit vorausgesetzten Draht gleiche

1) Sie ergeben sich aus den Formeln Ann. Bd. LIV. S. 179, wenn man darin  $k''=0$  setzt, lassen sich aber auch leicht nach den allgemein bekannten Grundsätzen der Vertheilung elektrischer Ströme unmittelbar entwickeln.

Leitungsfähigkeit oder gleichen Widerstand wie die Flüssigkeit beilegen, d. h.  $r'' = r'$  setzen, und geschieht dieß, so werden die Formeln:

$$I' = \frac{k'(r+r')}{(2r+r')r'}$$

$$I'' = \frac{k'r}{(2r+r')r'}$$

$$I = \frac{k'r'}{(2r+r')r'} = \frac{k'}{2r+r'}$$

Aus diesen Ausdrücken ergeben sich nun folgende Schlüsse. Gemäfs der De la Rive'schen Hypothese ist der wirkliche Strom in der Flüssigkeit  $= I' - I''$  und, wie man sieht, ist diese Intensitätsdifferenz gleich der Intensität  $I$  im Schliefsdraht. Dieß stimmt mit dem allgemein bewährten Gesetz, daß der Strom einer elektrischen Kette in jedem seiner Querschnitte gleiche Intensität besitzt. Auch kommt die dritte Formel in sofern mit der Erfahrung überein, als nach ihr die Intensität  $I$  im Schliefsdraht zu- oder abnimmt, so wie der Widerstand  $r'$  der Flüssigkeit kleiner oder gröfser wird.

In diesen beiden Folgerungen führt also die De la Rive'sche Hypothese zu keinem Widerspruch mit den Thatsachen. Allein anders verhält es sich, wenn man den von ihr angezeigten Werth der Intensität des Stroms im Schliefsdraht näher in Betracht zieht.

Nach der gewöhnlichen Ansicht, nach welcher in der Flüssigkeit der Kette nur ein einfacher Strom vorhanden ist, besitzt dieser, gleich wie der im Schliefsdraht, die Intensität:

$$J = \frac{k'}{r+r'} \dots \dots \dots (1)$$

Nach Hrn. De la Rive wäre dagegen die letztere Intensität:

$$I = \frac{k'}{2r+r'} \dots \dots \dots (2)$$

also merklich kleiner. Diese Verschiedenheit bietet nun ein Mittel dar, über die Richtigkeit der De la Rive'schen Hypothese zu entscheiden.

Im ersten Augenblick könnte es scheinen, als brauchte man dazu nur die Intensität im Schließdraht einer Volta'schen Kette zu messen, und die gemessene Intensität mit der aus der einen oder anderen Formel berechneten zu vergleichen. Allein ein geringes Nachdenken zeigt, daß ein solcher Vergleich nur dann möglich wäre, wenn man die Größen  $k'$ ,  $r'$ ,  $r$  auf eine unabhängige Weise finden könnte. Da dies aber nicht der Fall ist, man vielmehr die Größen  $k'$ ,  $r'$ , d. h. die elektromotorische Kraft der Kette und den Widerstand in deren Flüssigkeit, nur in Function des Widerstandes  $r$  des Schließdrahts zu bestimmen vermag, so ist dies Mittel unanwendbar. Versuchte man, mit Hülfe der Ohm'schen Methode <sup>1)</sup>, die Größen  $k'$  und  $r'$  nach den beiden Formeln (1) und (2) zu bestimmen, so würde dies weiter keinen Erfolg haben, als daß man beide nach der zweiten Formel, also nach der De la Rive'schen Hypothese, doppelt so groß fände, als nach der ersten <sup>2)</sup>.

1) Vergl. Ann. Bd. LIV. S. 164.

2) Aus demselben Grunde kann hier das Problem vom Maximum der Stromstärke zu keiner Entscheidung führen, obwohl die Auflösung desselben, theoretisch betrachtet, verschieden ist, je nachdem man die eine oder andere Ansicht zum Grunde legt.

Gemäß der Formel (1) würde nämlich, wie noch in den Ann. Bd. LV. S. 48. entwickelt worden, um mit einer gegebenen Plattenoberfläche und für einen gegebenen Widerstand  $r$  des Schließleiters, das Maximum der Stromstärke zu erlangen, die Plattenzahl  $n$  der zu erbauenden Säule so zu wählen seyn, daß:

$$nr' = r;$$

nach Formel (2) erhielte man dagegen das Resultat:

$$nr' = 2r$$

Es müßte also die Säule, damit ihr Strom das Maximum der Stärke erreichte, nach der zweiten Ansicht den doppelten Widerstand des Schließdrahts gewähren, während nach der ersten nur der ein-

Das einzige Mittel, auf diesem Wege zum Ziele zu gelangen, wäre: dafs man den Strom einer Volta'schen Kette durch den einer magneto-elektrischen genau compensirte, und dann die elektromotorische Kraft eines jeden Stroms für sich nach der Ohm'schen Methode bestimmte, nämlich: die Kraft des Volta'schen Stroms mit Hülfe der Formel (2) und die des magneto-elektrischen Stroms, in dessen Kette offenbar kein Rückstrom angenommen werden kann, mit Hülfe der Formel (1). Elektrische Ströme, die einander aufheben, besitzen bekanntlich gleiche elektromotorische Kräfte; man müfste also, wäre die De la Rive'sche Hypothese richtig, durch das angezeigte Verfahren einen gleichen Werth für beide Kräfte erhalten, im entgegengesetzten Falle aber die Volta'sche Kraft doppelt so grofs finden, als die magneto-elektrische. Leider habe ich wegen Mangels einer magneto-elektrischen Maschine, wie sie hiezu erforderlich ist, nämlich einer solchen, die einen Strom von constanter und beliebig abzuändernder Intensität liefert, diesen interessanten Versuch nicht anstellen können.

Indefs ist dieser Versuch auch nicht nothwendig. Man kann auf einem andern Wege eben so sicher, und dazu viel einfacher zum Ziele gelangen. Dieser Weg wird ebenfalls von den Formeln (1) und (2) an die Hand gegeben.

Klar ist nämlich, dafs, wenn man  $r$ , den Widerstand des Schliefsdrahts, um eine gewisse Gröfse  $\rho$  vermehrt, und  $r'$ , den Widerstand in der Flüssigkeit, um dieselbe Gröfse  $\rho$  vermindert, oder, umgekehrt, den ersten Widerstand um  $\rho$  verringert, und letzteren um  $\rho$  vergrößert, diese Operation gemäß der Formel (1), also gemäß der gewöhnlichen Ansicht, keine Aenderung in der Intensität des Stroms hervorbringen darf, dagegen aber, nach der Formel (2), also nach der De la Rive'schen

fache erforderlich und hinreichend ist. Aber wie gesagt, ob dieser Schluss richtig sey, ist nicht durch Messungen zu ermitteln.

Hypothese, im ersten Falle eine Schwächung, im letzteren eine Verstärkung der Intensität des Stroms zur Folge haben muß. Man ersieht dies leicht, wenn man die angezeigte Veränderung mit der Formel (2) vornimmt: sie wird alsdann:

$$I = \frac{k'}{2(r \pm \varrho) + (r' \mp \varrho)} = \frac{k'}{2r + r' \pm \varrho}$$

während  $J$  in der Formel (1) dadurch unverändert bleibt.

Die Anwendung dieses Verfahrens erfordert nur, daß man die Widerstände  $r, r'$  um eine wirklich gleiche GröÙe  $\varrho$  vergrößere oder verringere. Dies kann nun offenbar nicht anders als durch eine Flüssigkeit geschehen, und zwar durch eine Strecke von derselben Flüssigkeit, welche bereits zwischen den Platten der Kette befindlich ist. Man hat also mittelst ein Paar homogener Platten eine Strecke dieser Flüssigkeit, von gleichem Querschnitt mit der zwischen den Erregerplatten, in den Schließdraht einzuschalten, und dann abwechselnd diese Strecke um ein Gewisses zu verlängern und zu verkürzen, während man zugleich die Flüssigkeit zwischen den Erregerplatten um eben so viel verkürzt oder verlängert. In der Flüssigkeit zwischen den homogenen Platten kann offenbar nur ein einfacher Strom vorhanden seyn, wie in dem Schließdraht selbst; mithin wird durch deren Einschaltung nichts in den obigen Schlüssen geändert. Bleibt nun bei eben erwähnter Verlängerung und Verkürzung die Intensität des Stroms ungeändert, so ist also die gewöhnliche Ansicht richtig, erleidet dagegen die Stromstärke eine Aenderung in dem angezeigten Sinne, so gilt dasselbe von der De la Rive'schen Hypothese, und es findet dann also wirklich ein Rückstrom in der Säule statt.

Ich habe mehrere Reihen solcher Versuche mit aller Sorgfalt und Unpartheilichkeit angestellt, und zwar auf folgende Weise. Ich nahm zwei parallelpipedische Glaskasten, beiläufig von  $6\frac{1}{2}$  Zoll Länge,  $1\frac{1}{2}$  Zoll Breite und 4 Zoll Höhe, deren obere abgeschliffene Ränder durch

aufgeklebte Papierskalen in pariser Linien eingetheilt waren. Der eine Kasten diente zur Aufnahme der Erregerplatten, der andere zu der der homogenen Zwischenplatten. In den ersteren, an einem Ende, wurde ein mit Salpetersäure gefüllter Thoncylinder gestellt, und in diese Säure eine Platinplatte getaucht; der Rest des Kastens wurde mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, und in diese eine Platte von unamalgamirtem Zink gesteckt. Der zweite Kasten enthielt bloß verdünnte Schwefelsäure und zwei unamalgamirte Zinkplatten. Ein dünner Kupferdraht verband die positive Erregerplatte mit einer der Zwischenplatten, während die zweite und die Platinplatte mit der Sinusbussole verknüpft waren.

Ich habe diese Vorrichtung gewählt, um, was hier nöthig ist, sowohl die Polarisation der Zwischenplatten möglichst zu vermeiden, als auch einen Strom von genügender Beständigkeit zu erhalten. Beide Zwecke wurden dadurch, wenn auch nicht ganz scharf, doch wenigstens mit solcher Annäherung erreicht, daß die Resultate der Messungen nicht zweifelhaft bleiben konnten.

Uebrigens waren die Platten sämmtlich einen Zoll breit und drittehalb Zoll tief in die Säuren eingetaucht. Sie befanden sich einzeln eingespannt in die kleinen, früher von mir beschriebenen Plattenhalter <sup>1)</sup>, und konnten mittelst dieser und mittelst der Skale auf dem Rand des Kastens mit Bequemlichkeit und mindestens bis auf ein Achtel Linie genau in jeden erforderlichen Abstand gestellt werden. Die Salpetersäure war von 1,35 spec. Gew. Die verdünnte Schwefelsäure enthielt  $\frac{1}{3}$ , manchmal auch  $\frac{1}{10}$  ihres Gewichts an concentrirter Säure.

Die Methode des Experimentirens war kurz die, daß die Platinplatte und die negative Zwischenplatte, d. h. die, an welcher der Strom Wasserstoff entband, stets ihre Stelle unverändert behielten, die beiden positiven Zinkplatten aber dem Zwecke gemäß verschoben wurden.

1) Ann. Bd. LII. S. 509.

In nachstehender Tafel sind die Resultate einiger auf diese Weise ausgeführter Versuche zusammengestellt. Der ursprüngliche Abstand der Platten von einander ist darin respective durch  $x$  und  $y$  bezeichnet. Dieser Abstand ward nicht gemessen, war auch nicht gleich, von einer Versuchsreihe zur andern, da es darauf nicht ankam; wohl aber sah ich sorgsam darauf, daß er bei jeder Reihe unverändert blieb, oder seine Veränderungen genau gemessen wurden. Diese Veränderungen, welche in der zweiten und dritten Spalte der Tafel, respective für die Erreger- und die Zwischenplatten in par. Linien angegeben sind, dürfen wohl als bis auf  $\frac{1}{8}$  Linie richtig bestimmt angesehen werden. Welchen Einfluß sie auf die Stromstärke des Systems ausübten, ersieht man aus der letzten Spalte der Tafel.

No. des Versuchs.	Gegenseitiger Abstand der		Stromstärke.
	Erregerplatt.	Zwischenpl.	

Reihe I. Schwefelsäure mit  $\frac{1}{30}$  conc. Säure.

1.	$x$	$y$	$\sin 49^{\circ} 8' = 0,75623$
2.	$x - 6'''$	$y + 6'''$	- 48 26 = 0,74818
3.	$x$	$y$	- 48 20 = 0,74705
4.	$x + 6'''$	$y - 6'''$	- 48 18 = 0,74664

Reihe II. Schwefelsäure mit  $\frac{1}{35}$  conc. Säure.

5.	$x$	$y$	$\sin 53^{\circ} 35' = 0,80472$
6.	$x - 30'''$	$y + 30'''$	- 53 42 = 0,80593
7.	$x$	$y$	- 53 55 = 0,80816
8.	$x + 30'''$	$y$	- 35 25 = 0,57952

Reihe III. Schwefelsäure mit  $\frac{1}{35}$  conc. Säure.

9.	$x$	$y$	$\sin 49^{\circ} 0' = 0,75471$
10.	$x - 30'''$	$y + 30'''$	- 47 55 = 0,74217
11.	$x$	$y$	- 49 5 = 0,75566
12.	$x - 30'''$	$y + 30'''$	- 47 50 = 0,74120
13.	$x$	$y + 30'''$	- 33 15 = 0,54829

No. des Versuchs.	Gegenseitiger Abstand der		Stromstärke.
	Erregerplatt.	Zwischenpl.	

Reihe IV. Schwefelsäure mit  $\frac{1}{25}$  conc. Säure.

14.	$x$	$y$	$\sin 38^\circ 0' = 0,61566$
15.	$x + 36''$	$y - 36''$	- 38 43 = 0,62547
16.	$x$	$y$	- 37 35 = 0,60991
17.	$x + 36''$	$y$	- 26 40 = 0,44880

Reihe V. Schwefelsäure mit  $\frac{1}{53}$  conc. Säure.

18.	$x$	$y$	$\sin 45^\circ 5' = 0,70813$
19.	$x + 42''$	$y - 42''$	- 44 38 = 0,70257
20.	$x$	$y$	- 44 30 = 0,70091
21.	$x + 42''$	$y - 42''$	- 45 13 = 0,70978
22.	$x$	$y$	- 43 54 = 0,69340
23.	$x + 42''$	$y$	- 28 24 = 0,47562

Die Strecke, um welche die Flüssigkeit zwischen den Platten beider Zellen respective verlängert und verkürzt wurde, betrug, wie man sieht, bei der ersten Reihe 6 par. Linien, bei der zweiten und dritten 30, bei der vierten 36, und bei der fünften 42 Linien. Die den Widerständen  $r$  und  $r'$  respective hinzugefügte und entzogene Gröfse  $\rho$  war also, besonders in den vier letzten Versuchsreihen, eine ganz bedeutende; aber dennoch schwankten in allen Versuchen, in denen bei diesen Verschiebungen die Summe der Abstände zwischen den Platten unverändert blieb, die Stromstärke so wenig, dafs man die Unterschiede nur Beobachtungsfehlern oder zufälligen Umständen zuschreiben kann.

Es legen demnach diese Messungen einen, wie ich glaube, vollgültigen Beweis dafür ab, dafs in der *Volta'schen Säule* kein solcher Rückstrom existirt, wie Hr. *De la Rive* voraussetzt.

Die kleinen Schwankungen, welche man in den Intensitäten erblickt, haben ihren Grund zuvörderst darin, dafs es mir unter den angegebenen Umständen nicht ge-



lang, einen ganz constanten Strom zu erhalten. Immer zeigte derselbe, auch wenn die Stellung der Platten nicht verändert wurde, eine Neigung zur Abnahme, sey es nun, daß ungeachtet des ziemlich lebhaften Angriffs der Säure auf die Zwischenplatten, diese dennoch einen gewissen Grad von Polarisation annahmen oder sie durch das an ihrer Oberfläche sich bildende Oxyd den Widerstand vermehrten. Dieses Umstandes wegen, beschränkte ich mich bei jeder Reihe, die übrigens immer mit frisch gescheuerten Zinkplatten und gewöhnlich auch mit frischer Säure angefangen wurde, auf die Messungen, die in den ersten 10 oder 15 Minuten ausgeführt werden konnten.

Ich hatte indess dazu noch einen zweiten Grund. Je länger ich nämlich eine Reihe von Messungen fortsetzte, desto deutlicher stellte sich eine regelmässige, zwar nicht bedeutende, aber doch ganz merkbare Ungleichheit in der Stromstärke heraus, in der Weise, daß sie in den Fällen, wo das  $\varrho$  für  $r'$  additiv war, d. h. der Abstand der Erregerplatten eine Vergrößerung, und der der Zwischenplatten eine gleiche Verringerung erlitten hatte, sich beständig etwas gröfser erwies, als in den umgekehrten Fällen. Man sieht dieß in der Tafel besonders aus den Versuchen 9 und 11, verglichen mit denen 10 und 12, ferner aus dem Versuche 15, verglichen mit 14 und 16; und solcher Beispiele hätte ich noch mehr mittheilen können.

Diese Unterschiede schlagen allerdings nach einer für die De la Rive'sche Hypothese günstigen Seite hin, denn zufolge dieser Hypothese muß die Stromstärke wachsen, wenn man, statt  $r$  und  $r'$ , setzt:  $r - \varrho$  und  $r' + \varrho$ . Es ist indess bald einzusehen, daß erwähnte Unterschiede in diesem Bezuge keine Beachtung verdienen, denn erstlich sind sie viel zu klein, als daß sie der Hypothese des Genfer Physikers eine wahrhafte Stütze gewähren könnten, und zweitens haben sie auch, wie gleich gezeigt werden soll, einen andern, sehr natürlichen Grund.

Wie wenig nämlich auch das Thongefäß, für sich, von der darin enthaltenen Säure durchsickern lassen mag, so tritt doch, sobald es von einer zweiten Flüssigkeit umgeben ist, eine Diffusion, ein gegenseitiger Austausch derselben ein, vermöge welcher dann, in den vorliegenden Fällen, die Schwefelsäure in kurzer Zeit mit einem ganz beträchtlichen Antheil Salpetersäure angeschwängert wird. Man kann dies in den obigen Versuchen schon an den Zinkplatten erkennen, da die in der Erregerzelle sichtlich unter einer geringeren oder ruhigeren Gasentwicklung angegriffen wird als die beiden in der Zwischenzelle. Durch diese Beimengung von Salpetersäure wird nun die Schwefelsäure in der ersten Zelle etwas leitender als die in der zweiten, und folglich werden beide in Strecken von gleicher Länge und gleichem Querschnitt nicht mehr einen ganz gleichen Widerstand gewähren, was sie, den Bedingungen des Versuchs gemäß, thun sollen, und zu Anfange desselben auch wirklich mit großer Annäherung thun. So wie aber die Schwefelsäure zwischen den Erregerplatten die zwischen den homogenen Platten an Leitungsfähigkeit übertrifft, muß schon nach der Formel (1), also nach der gewöhnlichen Ansicht, die Stromstärke in dem Falle  $(r - \rho) + (r' + \rho)$  größer seyn als in dem  $(r + \rho) + (r' - \rho)$ .

Dafs diese Erklärung richtig sey, ergiebt sich zur Genüge aus der fünften Versuchsreihe, verglichen mit der vierten. Diese vierte Reihe zeigte die erwähnten Unterschiede in beträchtlichem Maafse, besonders in ihrem späteren Verlaufe, den ich nicht mitgetheilt habe. Ich unterbrach sie daher, nahm die Platten heraus, mischte die Schwefelsäure der einen Zelle wohl mit der der andern, damit beide wieder eine vollkommen gleiche Zusammensetzung bekämen, und stellte darauf die Platten wieder hinein. Von den nun gemachten Messungen, welche in der Tafel als fünfte Reihe aufgeführt sind, zeigten, besonders die ersteren, die erwähnten Unter-

schiede in der Stromstärke nicht mehr, oder in weit geringerem Grade <sup>1)</sup>).

Ein letzter Beweis, daß diese Unterschiede nur dem angegebenen Umstande ihre Entstehung verdanken, geht aus den Versuchen 8, 13, 17, 23 hervor. Bei diesen wurde der Abstand der einen Platten (der Erregerplatten, außer bei No. 8.) um respective 30, 36, 42 Linien vergrößert, ohne daß in dem Abstand der andern Platten eine entsprechende Verringerung stattfand. Welch bedeutenden Einfluß diese Veränderung, die nach beiden Ansichten eine Vergrößerung des Gesamt-Widerstandes bewirken mußte, wirklich auf die Stromstärke ausübte, ist zur Genüge aus der Tafel ersichtlich; eine nahezu eben so große, nur entgegengesetzte Veränderung, d. h. Zunahme, hätte aber die Stromstärke in den Versuchen 5, 7, 9, 11, 15, 17, 19, 21 zeigen müssen, wenn die De la Rive'sche Hypothese begründet wäre.

So überzeugend die bisher angeführten Versuche gegen diese Hypothese sprechen, so thun sie doch solches

- 1) Kleine Unterschiede in der Stromstärke, bei ungeänderter Summe der Abstände zwischen den Platten, können auch daraus entspringen seyn, daß die Platten nicht die volle Breite der Glaskasten besaßen und auf ihrer Rückseite nicht durch einen Firniß gegen die Berührung mit der Flüssigkeit geschützt waren. Dadurch mußte natürlich eine Ausbreitung des Stroms in der Flüssigkeit zur Seite und nach hinten hin stattfinden, und der Widerstand der Flüssigkeit nicht, wie vorausgesetzt würde, genau proportional seyn dem Abstände der Platten, dividirt durch die Größe ihres eingetauchten Theils. Es mußte diese Ausbreitung um so mehr einigen Einfluß auf die Stromstärke in den verschiedenen Versuchen ausüben können, als sie, wegen Ungleichheit der Größen  $x$  und  $y$ , d. h. der ursprünglichen Abstände zwischen den Platten beider Paare, nicht ganz gleich war, und deshalb auch ihr Einfluß, nach den Verschiebungen, ungeachtet der gleichgelassenen Summe der Abstände, nicht ganz gleich bleiben konnte. Indefs konnte dieser Einfluß oder der Unterschied der Einflüsse, die dieserhalb, von beiden Glaskasten aus, die Stromstärke des Systems erlitt, immer nur gering seyn, — und deshalb schien es auch, in Betracht der anderweitigen Fehlerquellen, nicht erforderlich, besondere Vorkehrungen zur Entfernung desselben zu treffen.

nur indirect. Geradezu beweisen sie nur die Richtigkeit der gewöhnlichen Ansicht von der Constitution des Volta'schen Stroms, indem sie darthun, daß, wenn man die Widerstände  $r$  und  $r'$  in  $r \pm \varrho$  und  $r' \mp \varrho$  übergehen läßt, die Stromstärke ungeändert bleibt.

Es ist indess sehr leicht, die Versuche so einzurichten, daß sie einen directen Beweis von der Unrichtigkeit der De la Rive'schen Hypothese gewähren. Dazu bedarf es weiter nichts, als daß man die Widerstände  $r$  und  $r'$  in  $r \pm \frac{1}{2}\varrho$  und  $r' \mp \varrho$  verwandelt. Dann muß nach eben genannter Hypothese die Stromstärke ungeändert bleiben, da:

$$I = \frac{k'}{2(r \pm \frac{1}{2}\varrho) + (r' \mp \varrho)} = \frac{k'}{2r + r'}$$

während die gewöhnliche Ansicht für diesen Fall eine bedeutende Aenderung in dieser Stärke verlangt.

Die folgenden, dem Zwecke gemäß eingerichteten, sonst aber ganz wie früher angestellten Versuche werden zeigen, welche der beiden Ansichten die Erfahrung für sich hat.

No. des Versuchs.	Gegenseitiger Abstand der		Stromstärke.
	Erregerplatt.	Zwischenpl.	
1.	$x$	$y$	$\sin 37^{\circ}58' = 0,61520$
2.	$x - 48'''$	$y + 24'''$	- 55 8' = 0,82048
3.	$x$	$y$	- 39 4 = 0,63022
4.	$x - 48'''$	$y + 24'''$	- 56 27 = 0,83340
5.	$x$	$y$	- 40 2 = 0,64323
6.	$x - 48'''$	$y + 24'''$	- 57 35 = 0,84417
7.	$x$	$y$	- 40 24 = 0,64812
8.	$x - 48'''$	$y + 24'''$	- 57 55 = 0,84728

Man sieht, eine Verschiebung der positiven Erregerplatte um 48 Linien, combinirt mit einer halb so großen Verschiebung der positiven Zwischenplatte in entgegengesetzter Richtung, ließ keineswegs die Stromstärke

un-

ungeändert, wie es die Hypothese des Hrn. De la Rive verlangt, sondern war von einem so überwiegenden Einfluß auf dieselbe, daß dagegen die kleinen Unsicherheiten, die aus nicht völliger Constanz des Stroms (der, wie zu ersehen, hier ein etwas steigender war) oder aus der Vermischung der Säuren in der Erregerzelle entspringen, gar nicht in Betracht kommen.

*Diese Versuche liefern demnach den directesten und unzweideutigsten Beweis gegen das Daseyn eines Rückstroms in der Volta'schen Säule.*

Außer der so eben, ich glaube genügend, widerlegten Hypothese macht Hr. De la Rive noch eine zweite verwandter Art, die man leicht mit der ersten verwechseln kann, und wohl auch manchmal verwechselt hat. Es ist die: daß immer ein mehr oder weniger großer Theil der angeblich durch Auflösung des positiven Metalls entwickelten oder getrennten Elektricitäten sich an der Oberfläche dieses Metalls unmittelbar wieder vereinige, also nichts zum Strome beitrage. Mit dieser, im Grunde mit der Faraday'schen von localer chemischer Action zusammenfallenden Hypothese habe ich nicht die Absicht, mich in gegenwärtigem Aufsatz zu befassen, eben so wenig ich hier zu entscheiden Willens bin, ob aus der Nicht-Existenz des Rückstroms ein Argument gegen die sogenannte chemische Theorie hergenommen werden könne.

Ich erlaube mir nur zu bemerken, daß beide Hypothesen, angenommen selbst sie wären gegründet, weder für noch wider die Lehre vom chemischen Ursprung der Volta'schen Elektricität etwas zu beweisen vermögen, da kein Grund vorhanden ist, warum man sie nicht auch, wenn es nöthig seyn sollte, mit der Lehre vom Contacte verbinden könnte. Glücklicherweise bedarf aber diese Lehre weder der einen noch der andern.

angeordnet, wie es die Hypothese des Hrn. De la Rive verlangt, sondern war von einem so überwiegenden Ein-

## II. Ueber die Mittel zur Erhöhung der Empfindlichkeit eines Galvanometers:

Verschiedene Physiker, die, wie es scheint, als erste Tugend eines Galvanometers die Empfindlichkeit betrachten, d. h. die Fähigkeit schon unter der Wirkung eines schwachen Stroms einen sehr großen Ausschlag zu geben, haben sich neuerdings bemüht, Mittel aufzufinden, um dieses Ziel vollkommener als bisher zu erreichen. So unter andern hat Melloni in einem längeren Aufsätze (*Archiv. de l'électr. No. 3. p. 656.*) vorgeschlagen, die unvollkommene Astasie einer Doppelnadel durch zweckmäßige Näherung eines neben das Instrument gelegten horizontalen Magnetstabes zu verbessern, und Péclet hat zu gleichem Zweck seinem Galvanometer die Einrichtung gegeben, daß über dem System der beiden entgegengesetzt gerichteten Nadeln, und mit demselben fest verbunden, eine dritte Nadel an demselben Faden hängt, die, gleich einer Inclinationsnadel, um eine horizontale Axe gedreht, und an einem getheilten Kreise unter beliebigen Winkel geneigt werden kann (*Ann. de chim. Ser. III. T. II. p. 103*). Was das erstere Mittel betrifft, so ist es bei einfachen Nadeln längst in Deutschland angewandt worden, und das letztere erinnert mich an dasjenige, welches ich zuweilen bei der Sinusbusssole benutzt habe. Ich lege nämlich, ehe die Nadel abgelenkt wird, einen Magnetstab auf das Instrument, solchergestalt, daß zwar die Richtkraft der Nadel geschwächt, nicht aber ihre Richtung geändert wird. Nach Ablenkung der Nadel, d. h. nach vollzogener Drehung des Instruments und Wiedereinstellung der Nadel auf den Nullpunkt des Limbus, hat diese genau dieselbe Lage zum Stab wie vorhin, und es ist so gut, wie wenn

dieser fest mit der Nadel verbunden war. Durch zweckmäßige Legung des Stabes kann man jeden beliebigen Grad von Astasie hervorbringen. — Gerade bei sehr schwachen Strömen ist übrigens der von mir i. J. 1826 vorgeschlagene (Ann. Bd. VII S. 121.) und später von Gauss und Weber vervollkommnete Spiegel - Apparat jedem Galvanometer bei weitem vorzuziehen; denn 1) ist er ungleich empfindlicher, da er die Ablenkungen bis zu Sekunden angiebt, 2) hat seine Skale dabei noch einen bedeutenden Umfang, während die des Galvanometers bei großer Empfindlichkeit sehr klein ist, und 3) gewährt er eine genaue Messung der Intensität des Stroms. Während dieß bei uns längst allgemein anerkannt ist, scheint, sonderbar genug, der Apparat in Frankreich noch immer ganz unbekannt zu seyn. P.

### III. Ueber die Berücksichtigung der Temperatur bei Vergleichung der specifischen Volume; von Hermann Kopp.

Privatdocenten der Physik und Chemie zu Gießen.

Man nimmt an, daß bei Verbindung zweier nicht gasförmigen Körper zu einer eben solchen Verbindung fast immer eine Aenderung in der Größe des erfüllten Raums eintritt, da man durch den Versuch das specifische Volumen der entstehenden Verbindung fast nie der Summe der specifischen Volume der Bestandtheile gleich findet. Um über die Größe dieser Raumsveränderung Aufschluß zu erhalten, legt man meist die Angaben der spec. Gewichte so zu Grunde, wie sie der Versuch unmittelbar gegeben hat; um genauere Resultate zu erhalten, reducirt man auch alle spec. Gewichte, der Bestandtheile sowohl als der entstehenden Verbindung, auf eine und dieselbe Temperatur.

Untersucht man auf diese Weise, so stellen sich gewisse Regelmäßigkeiten heraus, deren Existenz sich nicht in Zweifel ziehen läßt. Doch finden wir bei der Vereinigung von flüssigen Körpern zu flüssigen Verbindungen oder von festen Körpern zu festen Verbindungen nie so einfache Verhältnisse zwischen dem Volumen der Bestandtheile und dem Volum der Verbindung, als dieß bei der Vereinigung gasförmiger Körper zu gasförmigen Verbindungen beobachtet wird. Bei den letztern tritt entweder gar keine Condensation ein, oder Condensation in einfachen Verhältnissen; bei den erstern finden wir solche einfache Verhältnisse nie, obgleich sich Gesetzmäßigkeiten offenbaren, die sich weit verfolgen lassen, und mit großer Gewißheit viele Vorausbestimmungen gestatten. — Die Frage bleibt: worin liegt die Ursache, daß z. B. zwei flüssige Körper bei ihrer Vereinigung zu einer Flüssigkeit Condensation zeigen, während für den gasförmigen Zustand dieselben Körper sich ohne Condensation vereinigen?

Die Antwort auf diese Frage scheint mir folgende zu seyn: bei solchen Körpern findet auch bei der Vereinigung im tropfbar flüssigen Zustande keine Condensation statt; das Statthaben der Condensation ist nur scheinbar, weil wir die Dichtigkeiten der Bestandtheile und der entstehenden Verbindung bei anderen Temperaturen vergleichen, als wofür die Vergleichung statthaft ist.

Dieser Satz erscheint auffallend, und in der That liegen noch nicht genug experimentelle Beweise vor, um ihn als durch die Erfahrung vollständig begründet ansehen zu dürfen; er erscheint mir indess aus theoretischen Gründen sehr wahrscheinlich, und bestätigt sich, wo bis jetzt eine Prüfung an Versuchen möglich ist. Das einzige Beispiel, wo dieß der Fall ist, ist der Alkohol, den wir als aus Aether und Wasser zusammengesetzt betrachten.

Ein Aequivalent Alkohol besteht aus Einem Aequivalent Aether und Einem Aequivalent Wasser. Im Gas-



zustand vereinigt sich das Volum von Einem Aequivalent Aether mit dem Volum von Einem Aequivalent Wasser, ohne daß eine Raumsveränderung eintritt; das Volum eines Aequivalents Alkohol ist durch die Summe der Volume seiner Bestandtheile gegeben.

Betrachten wir dieselben Körper im tropfbar flüssigen Zustand, so scheint allerdings nicht mit derselben Einfachheit das Volum der Verbindung aus den Volumen der Bestandtheile sich ableiten zu lassen.

Aus den Atomgewichten (es ist für diesen Zweck einerlei, nach welchem Atomgewicht der Kohle man rechnet; den folgenden Zahlen liegt die Bestimmung von Liebig und Redtenbacher zu Grunde) des Aethers, Wassers und Alkohols, und den Beobachtungen des spec. Gewichts durch Gay-Lussac:

Aether: Atomgewicht 465,8; spec. Gew. 0,724 bei 12°,5

Wasser        "        112,5;        "        1

Alkohol       "        578,3;        "        0,79235 bei 17°,8

ergiebt sich:

das Volum von 1 Aequivalent Aether bei 12°,5 = 643,4

Wasser        "        = 112,5

Summa = 755,9

und durch diese Summe müßte, der gewöhnlichen Ansicht zufolge, das Volum von Einem Aequivalent Alkohol bei 12°,5 ausgedrückt seyn, wofern, ähnlich wie im gasförmigen Zustand, auch im tropfbarflüssigen der Alkohol aus Aether und Wasser ohne Condensation zusammengesetzt wäre. — Dieß ist aber nicht der Fall, und man nimmt Contraction an, denn das Volum von Ein Aequivalent Alkohol ist bei 12°,5 nicht 755,9, sondern es ist kleiner; bei 17°,8 ist es nur 729,9, und also wird es bei 12°,5 noch mehr von der Summe der spec. Volume der Bestandtheile abweichen.

Je nachdem man die Vergleichung des spec. Volums einer Verbindung mit der Summe der Volume der Be-

standtheile bei verschiedenen Temperaturen durchführt, erhält man für die Contraction verschiedene Größen. Bei welcher Temperatur soll man nun eigentlich die Vergleichung vornehmen? Aber wenn die Wärme überhaupt einen Einfluss auf das Resultat ausübt, welches Recht hat man, Flüssigkeiten, die durch die Wärme verschiedenen afficirt werden, welche dieselben Erscheinungen bei *verschiedenen* Temperaturen zeigen, bei *Einer* Temperatur zu vergleichen?

Eine Vergleichung der spec. Volume solcher verschiedenen Flüssigkeiten ist offenbar nur bei verschiedenen Temperaturen statthaft, bei solchen Temperaturen nämlich, wo die Wärme auf die verschiedenen Flüssigkeiten gleiche Wirkung ausübt. Die Vergleichung wird also statthaft seyn, wenn wir die verschiedenen Flüssigkeiten bei solchen Temperaturen betrachten, wo die Spannkraft ihrer Dämpfe gleich ist, wenn wir die spec. Volume z. B. bei den Siedpunkten (den Temperaturen für die Spannkraft Einer Atmosphäre) vergleichen.

Sobald wir nach diesen Principien verfahren, ändern sich sogleich unsere Begriffe über die Contraction, die wir bei dem Alkohol als aus Wasser und Aether zusammengesetzt nach der bisherigen Betrachtungsweise hegten. Es ergibt sich nämlich alsdann, dass in dem Alkohol der Aether und das Wasser (alles im flüssigen Zustande gedacht) *ohne* Condensation enthalten sind.

Nach Gay-Lussac ist für 0<sup>m</sup>.76 Barometerstand:

der Siedpunkt des Aethers bei 35<sup>o</sup>.7

- Wassers - 100

- Alkohols - 78.4

Gay-Lussac hat zugleich die Zusammenziehung dieser Substanzen (durch Erkältung vom Siedepunkt abwärts) untersucht; seine Resultate stimmen mit denen späterer Experimentatoren überein. Hiernach, wenn wir die oben gegebenen Bestimmungen für die spec. Volume bei niederen Temperaturen zu Grunde legen, ist:

das spec. Volum des Aethers bei  $35^{\circ},7 = 668$   
 das spec. Volum des Wassers  $- 100 = 117$   
 Summa  $785$

das spec. Volum des Alkohols bei  $78^{\circ},4 = 782$   
 in beinahe vollkommener Uebereinstimmung, wobach also für den flüssigen Zustand im Alkohol die näheren Bestandtheile ohne Condensation enthalten sind, genau eben so, wie für den gasförmigen. Die Uebereinstimmung kann vollkommen genannt werden, denn die Differenz liegt innerhalb der Gränzen der Unsicherheit unserer Kenntnisse über die spec. Gewichte, über die Ausdehnung durch die Wärme und über die Siedpunkte der dabei in Betracht kommenden Flüssigkeiten.

Berechnen wir z. B. (nach der Annahme, daß für Temperaturen, wobei gleiche Spannkraft der Dämpfe stattfindet, im Alkohol die Bestandtheile ohne Condensation verbunden sind) das spec. Volum des Aethers, indem wir das des Alkohols und des Wassers als durch das Experiment bekannt annehmen, so finden wir es nach dem Obigen für  $35^{\circ},7 = 782 - 117 = 665$ , entsprechend einem spec. Gewicht  $= 0,70045$  für diese Temperatur. Hieraus und aus Gay-Lussac's Bestimmung der Verdichtung beim Erkalten findet man das spec. Gewicht  $= 0,727$  bei  $12^{\circ},5$ . Gay-Lussac bestimmte es für diese Temperatur  $= 0,724$ , Muncke für  $12^{\circ} = 0,733$ . Also giebt die Annahme ein mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmendes Resultat.

Es ist natürlich, daß diese Uebereinstimmung nicht allein für die Temperaturen, wobei die Spannkraft der Dämpfe  $0^{\circ},76$  beträgt, stattfindet, sondern überhaupt für alle Temperaturen, wobei die Spannkraft der Dämpfe gleich ist. Solche Temperaturen können wir *correspondirende* nennen. Es ist zwar die Spannkraft des Aetherdampfs und des Alkoholdampfs nur ziemlich unvollkom-

men untersucht, aber es läßt sich doch mit Sicherheit auch für geringere Spannkraft das Statthaben der fraglichen Uebereinstimmung nachweisen.

Die Spannkraft 0<sup>m</sup>,313 haben die Dämpfe des Aethers nach Gay-Lussac bei 15°, nach Schmidt bei 16°<sup>5</sup>; wir wollen im Mittel 16° annehmen.

Diese Spannkraft hat der Wasserdampf bei 77°.

Weingeist (vom spec. Gewicht 0,813) hat dieselbe Spannkraft bei 57° (Ure); reiner Alkohol wird sie also bei einer etwas niedrigeren Temperatur haben, ohne daß indeß die Differenz bedeutend seyn kann, da die Siedpunkte des Weingeistes vom angegebenen spec. Gewicht und des reinen Alkohols auch nur sehr unbedeutend von einander abweichen.

Es ist aber aus den obigen Bestimmungen und Gay-Lussac's Angaben für die Ausdehnung:

das spec. Volum des Aethers bei 16°	= 647
Wassers - 77	= 115
Alkohols - 57	= 762

und wir finden also auch hier wieder vollkommene Uebereinstimmung.

Es ist im Vorstehenden für Aether, Wasser und Alkohol ein äußerst einfacher Zusammenhang, was die Größe des spec. Volums bei correspondirenden Temperaturen angeht, dargethan; zwischen dem Atomgewicht, der Dichtigkeit, der Ausdehnung durch die Wärme und der Expansionskraft ist ein Zusammenhang nachgewiesen, der höchst wahrscheinlich für alle analogen Fälle stattfindet; der eine Controle der Versuche über diese physikalischen Eigenschaften abgibt, und die Vorausbestimmung Einer derselben gestattet, wenn die anderen gegeben sind.

Es dürfte danach scheinen, als ob die Körper im flüssigen Zustand, für correspondirende Temperaturen betrachtet, bei ihrer Verbindung Condensationsgesetzen folgen, welche den im Gaszustand wahrgenommenen ent-

sprechen, woraus weiter hervorginge, daß wenn wir bisher Contractionen zu beobachten glaubten, die mit dieser Vermuthung im Widerspruch stehen, dieß davon herrührt, daß die Vergleichung der spec. Volume bei derselben Temperatur, und nicht, wie es doch eigentlich seyn sollte, bei *correspondirenden* vorgenommen wurde. Die Vergleichung der specifischen Volume bei derselben Temperatur hat indess auch Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen, deren Existenz aufser Zweifel gesetzt ist; es muß also ein bedingender Zusammenhang zwischen den letztern Gesetzmäßigkeiten und denjenigen bestehen, die für correspondirende Temperaturen gefunden werden. Es liegen noch zu wenig geeignete Fälle vor, um diesen Zusammenhang nachweisen zu können; jedenfalls läßt sich jede Art dieser Gesetzmäßigkeiten für's erste selbstständig untersuchen, und ihre genaue Erkenntniß, schon an sich sehr wichtig, kann zugleich als Vorarbeit für die spätere Aufsuchung des fraglichen Zusammenhanges betrachtet werden. Die Untersuchungen über die Contraction, die bei der Vereinigung verschiedener Bestandtheile von derselben Temperatur eintritt, über die Art, wie wir uns die Volumconstitution der Verbindungen, und die Relationen zwischen den spec. Volumen analoger Verbindungen bei nahe derselben Temperatur vorzustellen haben, verlieren also nicht im geringsten an Wichtigkeit, wenn auch für correspondirende Temperaturen einfachere Condensationsgesetze nachgewiesen werden; sie gewinnen im Gegentheil noch an Interesse, da sie die Erkenntniß eines nothwendigen allgemeinen Zusammenhanges vorbereiten.

Die Betrachtung der spec. Volume bei correspondirenden Temperaturen führt zu noch einigen Resultaten, auf welche ich hier aufmerksam machen will. Beiläufig will ich bemerken, daß für Flüssigkeiten correspondirende Temperaturen alsdann gleichweit vom Siedpunkt abstehende sind, wenn die in Betracht kommenden Flüs-

sigkeiten hinsichtlich der Expansionskraft ihrer Dämpfe dem Dalton'schen Gesetze sich anschließen. Wo die Expansionskraft nicht besonders untersucht ist, wird man zur Vermeidung grösserer Unrichtigkeiten gleich weit vom Siedpunkt abstehende Temperaturen als correspondirende betrachten, um mindestens annähernde richtige Resultate zu erhalten, wo es nöthig erscheint, die spec. Volume bei correspondirenden Temperaturen zu vergleichen.

Das letztere ist z. B. nöthig, wenn man über die absolute Gleichheit des spec. Volums bei verschiedenen Substanzen von sehr verschiedenem Siedpunkt aburtheilen will. So habe ich darauf aufmerksam gemacht, das Jod, Brom und Chlor gleiches spec. Volum besitzen. Die darüber vorliegenden Beobachtungen bestätigen diese Annahme, aber nicht in aller Strenge; sie ergeben kleine Differenzen, die indess, wie sich gleich zeigen wird, statt haben müssen. Nach Beobachtungen, die bei mittlerer Temperatur oder einer nur wenig davon abweichenden angestellt sind, ist:

	spec. Gew.	Atomgew.	spec. Volume.
Jod	= 4,95 Gay-Lussac	= 789,15	= 159,49
Brom	= 2,99 Löwig	= 489,15	= 163,60
Chlor	= 1,33 Faraday	= 221,33	= 166,42

und wir haben ungleiche spec. Volume, aus dem Grund, weil die Vergleichung nicht bei richtigen Temperaturen vorgenommen ist. Das gefundene spec. Volum ist bei dem Körper am grössten, dessen Siedpunkt am niedrigsten liegt; die Reihe, in welcher die spec. Volume zunehmen, ist genau die, in welcher sie zunehmen müssen, wenn unsre Annahme richtig ist, das für diese Körper Gleichheit des spec. Volums bei correspondirenden Temperaturen statt hat. Lassen wir die Bestimmung des spec. Volums des Broms ungeändert, so müßte das des Jods bei viel höherer, das des Chlors bei viel niedrigerer Tem-

peratur damit verglichen werden; es würde sich alsdann Gleichheit des spec. Volums herausstellen.

Etwas ganz ähnliches ist zu berücksichtigen, wenn wir die spec. Volume fester Körper mit einander vergleichen. Für diese haben wir als correspondirende Temperaturen solche zu betrachten, die vom Schmelzpunkte gleich weit abstehen.

Die Gleichheit der spec. Volume von Kupfer, Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel hat bei mittlerer Temperatur nicht in aller Strenge statt; um nur die am genauesten untersuchten Metalle zu berücksichtigen, ist das spec. Volum des Kupfers etwas größer als das des Eisens.

	spec. Gew.		Atomgew.	spec. Volum.
Reines Eisen	7,6	} Broling	} 339,2	(44,6
	7,8			43,5
	7,79			43,5
Reines Kupfer	8,72	} Karsten	} 395,7	(45,4
gegossen	8,83			44,8
gehämmert	8,96			44,2

Dies *muss* der Fall seyn, wenn es wahr ist, dass Gleichheit des spec. Volums bei diesen Metallen für correspondirende Temperaturen statt hat, denn der Schmelzpunkt des Eisens liegt viel höher als der des Kupfers; man muss das spec. Volum des Eisens für bedeutend hohe Temperatur nehmen, wenn man es mit dem des Kupfers bei mittlerer Temperatur vergleichen will; es wird alsdann vollkommene Gleichheit der spec. Volume sich herausstellen.

Die Gleichheit des spec. Volums findet für diese Metalle ohne Zweifel bei allen correspondirenden Temperaturen statt; die Ausdehnung muss also bei beiden Metallen gleich groß seyn, aber wohlgermerkt für *correspondirende* Temperaturintervalle, die also gleich weit vom Schmelzpunkt abstehen. Für Temperaturintervalle bei denselben Wärmegraden, z. B. von 0 bis 100°, kann diese Gleichheit der Ausdehnung nicht vorhanden seyn,

deun die Metalle bekommen mit zunehmender Hitze ein zunehmendes Ausdehnungsvermögen. Das Eisen muß, wenn unsre Betrachtungen richtig sind, sich weniger ausdehnen als das Kupfer, bei denselben Wärmegraden, dehn der Schmelzpunkt des erstern liegt viel höher als der des letztern.

Man sieht leicht, wie die bekannte Ausdehnung des Kupfers bei mittlerer Temperatur dazu dienen kann, die unbekannte des Eisens bei viel höherer mit Genauigkeit zu berechnen, wenn die Schmelzpunkte beider Metalle genau bestimmt sind. Sei  $\alpha$  der Ausdehnungscoëfficient des Kupfers für das Temperaturintervall  $0^\circ$  bis  $100^\circ$ , der Schmelzpunkt des Eisens  $T^\circ$  und der Schmelzpunkt des Kupfers  $t^\circ$ , so ist auch  $\alpha$  der Ausdehnungscoëfficient des Eisens für das Temperaturintervall  $(T - t)^\circ$  bis  $(T - t + 100)^\circ$ . — Umgekehrt ist die Differenz der Temperaturintervalle, in welchen solche Metalle gleiche Ausdehnung besitzen, auch die Differenz ihrer Schmelzpunkte.

Wir betrachteten eben einen Fall, wo zwei Metalle von gleichem spec. Volum doch scheinbar ungleiches Ausdehnungsvermögen deshalb besitzen, weil ihre Schmelzpunkte sehr verschieden sind. Wir wollen nun als Gegensatz zwei Metalle nehmen, die auch gleiches spec. Volum besitzen, und deren Schmelzpunkte nicht von einander verschieden sind, oder doch verhältnißmäfsig nur so wenig, daß die Verschiedenheit nicht von großem Einfluß seyn kann. — Diese müssen für dieselben Temperaturintervalle gleiches Ausdehnungsvermögen besitzen. — Dahin gehören Platin und Palladium. Das spec. Volum dieser beiden Metalle ergeben die Beobachtungen als gleich:

	spec. Gew.		Atomgew.	spec. Volum.
Platin	21,0	Borda	1233,3	58,7
	21,45	Berzelius		57,5
	21,53	Wollaston		57,3
	23,54	Cloud		52,4



spec. Gew.		Atomgew.	spec. Volum.
Palladium 10,92	Breithaupt	665,8	60,9
11,3	Wollaston		58,8
12,1	Vauquelin, Lowry		55,0

Ich setze das spec. Volum beider Metalle = 57. Ihr Schmelzpunkt wird von Clarke und Vauquelin übereinstimmend angegeben; indessen bleibt bei so hohen Temperaturen einige Unsicherheit. Die Ausdehnungsvermögen beider Metalle sind bei beiden Metallen indess fast gleich, wie es nach den angeführten Daten und unseren Betrachtungen seyn muß. Die lineare Ausdehnung des Platins von 0 bis 100° beträgt nach Borda 0,00086, nach Daniell 0,00088, nach Dulong u. Petit 0,00098, nach Troughton 0,00099. Es stimmt dies mit Wollaston's für die lineare Ausdehnung des Palladiums, = 0,001 etwa, so genau überein, daß man die Abweichung für einen Versuchsfehler halten könnte, was ein weiterer Beweis für die Coincidenz der Schmelzpunkte dieser Metalle wäre. Die sinnreiche Methode, mittelst welcher Wollaston die Ausdehnung des Palladiums durch die Wärme bestimmt hat, ergab indess deutlich, daß die Ausdehnung dieses Metalls etwas größer ist als die des Platins, und mit derselben Sicherheit, womit dies bestimmt ist, ergibt sich auch nun, daß der Schmelzpunkt des Palladiums etwas tiefer liegen muß, als der des Platins.

Wir wollen diese Betrachtungen ausdehnen auf solche Metalle, die *nicht* gleiches spec. Volum besitzen. — Das spec. Volum des einen Metalls ist  $V$ , das des andern  $V_1$ ; ist die Differenz  $V - V_1$  constant?

Man kann diese Frage nur bejahen, so weit sich theoretisch darüber entscheiden läßt. Die Differenz zweier spec. Volume einfacher Körper muß für verschiedene, aber *correspondirende* Temperaturen gleich seyn.

Wir wollen nun sehen, in wiefern die Erfahrung diese Schlusfolger bestätigt. (Die Zahlen für die spec,

Volume, welche in dem Folgenden angeführt sind, entlehne ich aus meinem Schriftchen: Ueber das spec. Gewicht der chemischen Verbindungen (Frankfurt, 1841), wo sich die beobachteten Dichtigkeiten angegeben finden, aus welchen die hier gebrauchten Zahlen hervorgehen).

Bei einigen Metallen liegen die Schmelzpunkte so wenig aus einander, daß wir die Differenzen vernachlässigen können, ohne befürchten zu müssen, die so sich ergebenden Folgerungen seyen als unstatthaft zu verwerfen; daß wir also *dieselben* Temperaturen als correspondirende betrachten können. Es ist dieses erlaubt, wenn auch nicht in aller Strenge richtig, sobald die Differenz der Schmelzpunkte nicht größer ist, als das Intervall der Temperaturen, wofür man die Ausdehnung der Metalle noch als gleichmäßig betrachten kann. Für das Zinn, das Zink, das Blei und das Wismuth können wir die Vergleichung der spec. Volume bei verschiedenen Temperaturen in dieser Art führen; wenn auch nicht mit aller Schärfe, doch mit annähernder Richtigkeit.

Das spec. Volum des Zinns ist bei gewöhnlicher Temperatur = 101, das des Zinks = 58; die Differenz ist = 43. Die lineare Ausdehnung des Zinns ist für 100° Temperaturerhöhung = 0,00177 (Daniell) bis 0,00209 (Horner) (ich nehme nur die besten Angaben, nicht die, welche die passendsten Resultate geben). Das spec. Volum des Zinns wächst durch diese Erwärmung von 101 auf 101,535 bis 101,633; wenn, wie es nach der obigen Betrachtung seyn soll, das des Zinks *stets* um 43 kleiner ist, so muß es bei der um 100° erhöhten Temperatur = (101,535 bis 101,633) — 43 seyn, es muß 58,535 bis 58,633 betragen; es muß sich also durch Erwärmung um 100° von 58 auf 58,535 bis 58,633 ausdehnen, d. h. seine lineare Ausdehnung muß für dieses Temperaturintervall 0,00307 bis 0,00364 seyn. Smeaton giebt an 0,00311; Horner 0,00297; Daniell 0,00298.

Das spec. Volum des Wismuths bei gewöhnlicher Temperatur ist  $= 135$ , um 34 gröfser als 101, das spec. Volum des Zinns. Nach den oben angegebenen Beobachtungen geht durch Erwärmung um  $100^\circ$  das spec. Volum des Zinns über in 101,535 bis 101,633. Ist das spec. Volum des Wismuths stets um 34 gröfser, so mufs es bei dieser erhöhten Temperatur 135,535 bis 135,633 betragen, d. h. die lineare Ausdehnung des Wismuths mufs für Erwärmung um  $100^\circ = 0,00132$  bis  $0,00156$  seyn. Die einzige experimentelle Bestimmung dieser Gröfse, die ich kenne, ist die von Smeaton, welcher dafür 0,00139 fand.

Bei Zink, Zinn und Wismuth bewährt sich also die Richtigkeit unserer Betrachtung vollkommen; aber die Vergleichung des spec. Volums des Bleis mit einem der vorhergehenden Metalle bei verschiedenen Temperaturen zeigt nicht ganz dieselbe Uebereinstimmung. Man mufs nämlich das Atomgewicht des Bleis halb so grofs setzen, als es in der Chemie aus vollgültigen Gründen angenommen wird, wenn die Differenz der Atomvoluma für die verschiedenen Temperaturen constant seyn soll. Es ist alsdann das spec. Volum des Bleis  $= 57$ , wenn das des Zinns 101, das des Zinks 58 und das des Wismuths 135 ist. Das spec. Volum des Bleis geht über durch Erwärmung um  $100^\circ$  in 57,475 bis 57,496 (lineare Ausdehnung 0,00278 Daniell, 0,00290 Horner). Ist das spec. Volum des Zinns immer um 44 ( $= 101 - 57$ ), das des Zinks um 1 ( $= 58 - 57$ ), das des Wismuths um 78 ( $= 135 - 57$ ) gröfser als das des Bleis, so mufs bei der um  $100^\circ$  erhöhten Temperatur das spec. Volum des Zinns  $= 101,475$  bis  $101,496$ , das des Zinks  $= 58,475$  bis  $58,496$ , das des Wismuths  $= 135,475$  bis  $135,496$  seyn; die lineare Ausdehnung des Zinns mufs für diesen Temperaturunterschied 0,00157 bis 0,00164, die des Zinks 0,00273 bis 0,00285, die des Wismuths 0,00117 bis 0,00122 betragen; alles mit den im Vorstehenden ange-

fürten Beobachtungen in sehr annähernder Uebereinstimmung.

Eine andere Gruppe von Metallen, über deren Schmelzpunkte die Angaben so wenig von einander abweichen, daß man versucht seyn kann die Unterschiede zu vernachlässigen, umfaßt das Kupfer, das Gold und das Silber. Doch sind die Schmelzpunktsbestimmungen über diese Metalle ziemlich unsicher.

Das spec. Volum des Kupfers ist 44, das des Goldes ist 65, um 21 größer. Das spec. Volum des Kupfers wächst durch Erwärmung um 100° auf 44,226 bis 44,227 (lineare Ausdehnung 0,00171 Horner, 0,00172 Daniell, Dulong u. Petit). Nach unserer Annahme und unter Voraussetzung gleicher Schmelzpunkte muß das des Goldes bei gleicher Temperaturerhöhung um 100° immer noch um 21 größer seyn, also auf 65,226 bis 65,227 kommen; d. h. die lineare Ausdehnung für Erwärmung um 100° berechnet sich zu 0,00116. Daniell beobachtete 0,00123, Lavoisier 0,00146.

Vergleichen wir das Gold mit dem Silber, so sollten wir ein einfaches Verhältniß der Ausdehnung um so mehr erwarten, da das spec. Volum des Goldes dem des Silbers gleich oder halb so groß ist, je nachdem wir das Atomgewicht des Silbers zu 1352 oder zu 676 annehmen. Es ist dieß nicht der Fall; wohl aber ergibt sich Uebereinstimmung mit unseren Betrachtungen, wenn wir Ein spec. Volum (nach der erstern Annahme des Atomgewichts zu 1352) = 130 mit drei spec. Volumen Gold = 195 vergleichen, wo alsdann die Differenz = 65 für die verschiedenen Temperaturen constant bleibt. Die lineare Ausdehnung des Silbers ist nach Lavoisier 0,00191, nach Daniell 0,00195, für eine Erwärmung um 100°; das spec. Volum des Silbers geht also über durch eine solche Temperaturerhöhung in 130,745 bis 130,761. Ist die Differenz zwischen dem dreifachen spec. Volum des Goldes einerseits aus dem einfachen des Silbers

bers andererseits constant  $\approx 65$ , so muß das erstere durch eine solche Temperaturerhöhung von 195 auf 195,745 bis 195,761 kommen, d. h. die lineare Ausdehnung des Goldes muß 0,00127 bis 0,00130 betragen, und damit stimmen die obigen Beobachtungen auch überein.

Eine noch andre Gruppe von Metallen mit gleichem Schmelzpunkt bilden das Platin und das Palladium. Ihre Uebereinstimmung mit unsern Betrachtungen folgt aus dem oben mitgetheilten.

Die Uebereinstimmung der berechneten Resultate mit den beobachteten scheint mir sehr genügend, wenn wir überlegen, daß wir wegen der Vernachlässigung der, wenn auch nicht sehr bedeutenden, Unterschiede der Schmelzpunkte etwas differirende Resultate erhalten mußten.

Ich habe indessen diese Berechnungen weitläufiger geführt, um zu zeigen, innerhalb welcher Gränzen die berechneten Werthe wirklich mit den beobachteten übereinstimmen, und es ergibt sich, daß die Differenzen der berechneten Resultate von den beobachteten nicht größer sind, als die der letztern unter sich. — Sonst läßt sich die hier gefundene Regelmäßigkeit sehr einfach ausdrücken: Für *correspondirende* (gleichweit vom Schmelzpunkt entfernte) gleiche Temperaturintervalle dehnen sich die spec. Volume (oder einfache Multipla oder Submultipla davon) der Metalle (wahrscheinlich aller einfachen Körper im festen Zustand) um gleichviel aus; der Ausdehnungscoefficient ist also für diese correspondirenden Temperaturen dem spec. Volum (oder einem einfachen Multiplum oder Submultiplum desselben) umgekehrt proportional.

Mit andern Worten: es läßt sich auf die Bestimmung der Ausdehnung, des Schmelzpunkts und des spec. Gewichts eine Methode die Atomgewichte festzusetzen gründen, und die Resultate stehen mit denen auf andrem Wege erhaltenen in einfachen Verhältnissen. Diese Me-

thode wird hoffentlich hierzu nie angewandt, sie würde zu der jetzt schon herrschenden Meinungsverschiedenheit über die wahren Atomgewichte verschiedener Körper noch eine neue Quelle der Unsicherheit hinzufügen; aber der Zusammenhang unter diesen Eigenschaften, auf den ich im Vorhergehenden aufmerksam gemacht habe, scheint mir doch von Wichtigkeit.

Für einfache Körper von gleichem oder beinahe gleichem Schmelzpunkt heisst das obige Gesetz: dass ihre spec. Volume (oder einfache Multipla oder Submultipla davon) durch gleiche Erwärmung, wenn man von derselben Temperatur ausgeht, um gleichviel zunehmen; sind die Schmelzpunkte nicht vollkommen dieselben, so wird derjenige Körper eine stärkere Zunahme des spec. Volums zeigen, dessen Schmelzpunkt am niedrigsten liegt.

Ich will die oben besprochenen Fälle für mehrere Gruppen von Metallen, die beinahe gleichen Schmelzpunkt haben, hier nochmals übersichtlich zusammenstellen, und zwar in der Art, dass wir suchen, in wiefern innerhalb Einer Gruppe das Product aus dem Ausdehnungscoefficienten in das spec. Volum (oder ein einfaches Multiplum oder Submultiplum desselben) eine constante Grösse sey. Folgende Tabelle enthält diese Uebersicht; die Producte in jeder der Gruppen müßten unter sich gleich seyn, wenn der Schmelzpunkt der darin aufgeführten Substanzen derselbe, und die Ausdehnung vollkommen fehlerfrei bestimmt wäre.

Substanz.	Schmelzpunkt.	Cubische Ausdehnung.	Durch Erwärmung von 0° bis 100° nimmt zu:
Erste Gruppe: Zink, Blei, Wismuth, Zinn. (Schmelzpunkt 330 bis 230° ungefähr.)			
Zink:	342° Daniell	0,00891 Horner 0,00894 Daniell 0,00933 Smeaton	1 spec. Volum = 58 um - - - 0,517 0,518 0,541
Blei:	320 Daniell 325 Rudberg 334 Kupffer	0,00834 Daniell 0,00861 Smeaton 0,00870 Horner	$\frac{1}{2}$ spec. Volum = 57 um - - - 0,475 0,491 0,496
Wismuth:	239 Daniell 264 Rudberg 265 Erman	0,00517 Smeaton	1 spec. Volum = 135 um - - - 0,698
Zinn:	227 Daniell 230 Kupffer 228 Rudberg	0,00531 Daniell 0,00582 Lavoisier 0,00651 0,00627 Horner	1 spec. Volum = 101 um - - - 0,536 0,588 0,658 0,633

Substanz.	Schmelzpunkt.	Cubische Ausdehnung.	Durch Erwärmung von 0° bis 100° nimmt zu:
Zweite Gruppe: Gold, Kupfer, Silber. (Schmelzpunkt 1300 bis 1100° ungefähr.)			
Gold:	1421 Daniell	0,00369 Daniell	3 spec. Volum = 195 um 0,720
	1200 Pouillet	0,00438 Lavoisier	- - - - 0,854
Kupfer:	1398 Daniell	0,00513 Horner	3 spec. Volum = 132 um 0,677
	1050 Pouillet	0,00516 { Daniell Dulong et Petit }	- - - - 0,681
Silber:	1222 Daniell	0,00573 Lavoisier	1 spec. Volum = 130 um 0,745
	1000 Pouillet	0,00585 Daniell	- - - - 0,761
Dritte Gruppe: Platin, Palladium. (Schmelzpunkt 1700°? ungefähr.)			
Platin:	1700 Clarke	0,00258 Borda	1 spec. Volum = 57 um 0,147
		0,00264 Daniell	- - - - 0,150
		0,00295 Dulong et Petit	- - - - 0,168
		0,00297 Troughton	- - - - 0,169
Palladium:	1700 Vauquelin	0,0030 Wollaston	1 spec. Volum = 57 um 0,171



Die Uebereinstimmung der Producte aus der Ausdehnung in das spec. Volum für jede einzelne dieser Gruppen, innerhalb der Gränzen, wie sie nach den oben dargelegten Betrachtungen zu erwarten steht, ist sehr befriedigend.

Es ist nicht ohne Interesse zu bemerken, daß man das Atomgewicht des Wismuths zu 1330, und nicht zu 887, annehmen muß, wenn das spec. Volum dieses Metalls gleiche Ausdehnung mit dem des Zinks und Zinns haben soll. Als Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme kann indess dieser Umstand nicht gelten, da dieselben Gründe auf eine Abänderung des Atomgewichts des Bleis und des Silbers hindeuten, die jedenfalls ganz unstatthaft ist.

Der im Vorstehenden nachgewiesene Zusammenhang zwischen den spec. Volumen (Atomgewichten und Dichtigkeiten), Ausdehnungscoëfficienten und Schmelzpunkten der Metalle scheint mir von Wichtigkeit zu seyn, und vermehrt die Erkenntniß, welche wir über jede einzelne der genannten physikalischen Eigenschaften besitzen.

Von den Gegenständen, welche ich hier behandelt habe, zogen einige einzelne Fälle schon die Aufmerksamkeit Anderer auf sich. Der Verschiedenheit hinsichtlich der Art der Untersuchung und der erhaltenen Resultate ungeachtet, glaube ich doch auf diese frühere Untersuchungen aufmerksam machen zu müssen.

Persoz in seiner *Introduction à l'étude de la chimie moléculaire*, hat S. 223 bis 228 die Ausdehnung des Wassers, Aethers, Alkohols und Schwefelkohlenstoffs unter dem theoretischen Gesichtspunkte betrachtet, und glaubte einen Zusammenhang zu finden zwischen der Größe der Contraction, welche Flüssigkeiten von gleichem Volum bei der Siedhitze durch Erkaltung um gleichviel Grade unter den Siedpunkt erleiden, und der Anzahl Volume Gas, welche Ein Aequivalent jeder Flüssigkeit gäbe, sofern keine Molecularcontraction bei dem Uebergang in

den Gaszustand stattfindet; er bemerkte noch dazu, daß gleiche Volume verschiedener Flüssigkeiten, bei ihrer Siedhitze verglichen, Quantitäten von Materie einschließen, die sich wie ihre Atomgewichte verhalten. — Die Ausdehnung fester Körper berührt er S. 263 ff., wo er indess nur zeigt, daß die Zunahme des Volums von 1 Aequivalent Blei durch Erwärmung um  $100^{\circ}$  das Doppelte ist von der Zunahme des Volums von 1 Aequivalent Zink durch gleiche Erwärmung, und darauf aufmerksam macht, daß auch (nach seiner Annahme der spec. Gewichte) das Volum von 1 Aequivalent Blei doppelt so groß ist als das Volum von 1 Aequivalent Zink.

Eine Abhandlung von Schröder in diesen Annalen Bd. LII. S. 282 bis 291, hat zum Zweck, nachzuweisen: daß die Ausdehnung des spec. Volums der einfachen Körper durch die Wärme im Allgemeinen um so größer ist, je näher dieselben bei der Temperatur ihrer Schmelzwärme liegen, wenn sie auch in dieser Hinsicht nicht bei jeder Temperatur genau die Reihe befolgen, in der sie nach ihrer Schmelzwärme geordnet sind; — daß die spec. Volume der einfachen Körper Ausdehnungen durch die Wärme darbieten, welche dann in einfachen Verhältnissen stehen, wenn auch die spec. Volume selbst in einfachen Verhältnissen stehen; — daß die Ausdehnungen der Körper, wenn ihre spec. Volume in einfachen Verhältnissen stehen, in allen Aggregationszuständen vergleichbar sind; — daß die Ausdehnungen der einfachen und zusammengesetzten Körper durch die Wärme in einfachen Verhältnissen stehen, wenn man sie für solche Zustände der Körper vergleicht, in welchen auch die spec. Volume der Körper in einfachen Verhältnissen stehen, die Körper mögen fest, flüssig oder gasförmig seyn; — daß Gleichheit oder einfaches Verhältniß der spec. Volume stattfindet bei flüssigen Körpern für Temperaturen, in welchen ihre Dämpfe gleiche Elasticität haben, und bei festen Körpern wahrscheinlich bei solchen Tem-

peraturen, die gleich weit von den Wärmegraden ab-  
 stehen, bei welchen die Körper anfangen Schmelzwärme  
 zu binden (nicht von den Schmelzpunkten); — dafs end-  
 lich die Ausdehnung der Körper durch die Wärme an  
 sich ohne Ausnahme gleichförmig ist, dafs wenn die Flüs-  
 sigkeiten hiervon abweichen, dieß davon herrührt, dafs  
 eine Flüssigkeit eine mit ihrem eignen Gas gesättigte ist,  
 und dafs wenn auch die Metalle das Gegentheil zu be-  
 weisen scheinen, dieß davon herrührt, dafs sie alsdann  
 als Amalgame von sich selbst im festen Zustand mit sich  
 selbst im geschmolzenen Zustand zu betrachten sind; —  
 dafs man endlich die Ausdehnungen der Körper durch  
 die Wärme für solche Temperaturgränzen suchen und  
 vergleichen muß, innerhalb welcher die Ausdehnung der-  
 selben gleichförmig ist, wenn man genaue und für eine  
 mathematische Theorie brauchbare Vergleichen erhalten  
 will.

Ueber die Richtigkeit dieser zahlreichen Resultate,  
 die zum Theil jedenfalls als höchst gewagt anzusehen  
 sind, entscheiden zu wollen, ist hier nicht der Ort, da  
 die Untersuchung zu weit führen würde; Persoz und  
 Schröder namentlich haben sie eigentlich nur angedeu-  
 tet, ohne allen oder ohne strengen Beweis. — Ich glaubte  
 die vorhergehenden Stellen hier anführen zu müssen, da  
 in ihnen einige Gegenstände berührt sind, die auch ich  
 oben untersucht habe, und um eine Vergleichung zu ver-  
 anlassen, was die Begründung und die Zuverlässigkeit  
 der von mir gefundenen Resultate, und die Art, wie Schrö-  
 der und Persoz auf die von ihnen angegebenen gekom-  
 men sind, angeht. Zu einer solchen Vergleichung muß  
 ich indess nochmals auf die schon oben citirte Abhand-  
 lung von Schröder im Ganzen verweisen, von deren  
 Inhalt hier natürlich nur des Verfassers Folgerungen an-  
 geführt werden konnten, ebenso, wie auch eine Ver-  
 gleichung meiner Resultate in ihrer Anwendung auf ein-  
 zelne Fälle, die schon Persoz berücksichtigt hat, mit

den Ansichten dieses Gelehrten, die Inbetrachtung seiner ausführlicheren Darstellung am angeführten Orte verlangt.

---

#### IV. *Methode zur Darstellung fein zertheilter Sublimate.*

---

In Frankreich und England bedienen sich die Aerzte fast ausschließlich des mit Dampf bereiteten Calomels: Die von Josias Jewel erfundene und von Ossian Henry verbesserte Preparationsmethode besteht darin, daß man den Calomeldampf mit Wasserdampf in ein gemeinschaftliches Gefäß treten läßt. Diese Operation ist indess nach Hrn. Soubeiran sehr schwierig, erfordert große Geschicklichkeit, und bringt oft Unfälle mit sich, durch welche ein großer Theil des Products verloren geht; deshalb schlägt er ein Verfahren vor, wo, statt des Wasserdampfs, ein Luftstrom angewandt wird. Er erhitzt den Calomel in einer irdenen Röhre, inmitten eines Ofens, und richtet in das Rohr beständig die Düse eines kleinen Centrifugal - Ventilators des Mechanikers Dulché. Der Luftstrom mischt sich mit dem Dampf und führt ihn in die Recipienten. Wenn man gerade Röhren anwendet, so kann man den Calomel auf solche Weise 20 Meter (über 60 Fufs) weit fortführen. Um dies zu vermeiden läßt er den Apparat in eine Röhre endigen, die in etwas Wasser getaucht ist. Die beständig zum Hinaustreten bereit stehende Luft erregt ein Schwabbern (*clapotage*), welches den Calomel befeuchtet und seine Fällung bedingt. Dies Verfahren, welches sich auch auf andere Sublimationen anwenden läßt, liefert einen sehr schönen Calomel (*Compt. rend. T. XIV. p. 665*).

---

## V. *Versuch einer inductorischen Entwicklung der Undulationstheorie; von Dr. E. Schmid.*

Privatdocent an der Universität zu Jena.

Durch die Arbeiten der jüngst vergangenen Zeit ist die Undulationstheorie zu einem so hohen Grade von Vollkommenheit gediehen, daß sie ihre Erklärungen wenn auch manchmal nicht mit anschaulicher Leichtigkeit, doch mit der consequentesten Folgerichtigkeit und Ungezwungenheit giebt, und daß sie fast das ganze Gebiet der jetzt bekannten optischen Erscheinungen umfaßt; denn in Bezug auf Polarisation und Brechung entziehen sich nur in wenigen Punkten die zwei-axigen Krystalle ihren Gesetzen, und unter den einzelnen optischen Disciplinen fehlt es nur der Ableitung der Absorption an der wünschenswerthen Evidenz. Auch sind die Rechnungen in so scharfsinniger und eleganter Weise ausgeführt worden, daß wenig andere ihnen in dieser Hinsicht gleichgestellt werden können. Obgleich daher, wenn eine Hypothese für die Erklärung der Lichterscheinungen angenommen werden soll, gegenwärtig kein Physiker über die Wahl derselben in Zweifel seyn kann; so möchte doch ein Umstand und nicht ganz mit Unrecht Anstoß erregen. Man hat nämlich die mechanische Theorie der Undulationen des Lichtäthers immer so dargestellt, als ob sie nothwendig mit einer atomischen Grundansicht verbunden sey. Ohne hier auf den Streit der Atomistiker und Dynamiker einzugehen, liesse sich freilich zuerst die Frage aufstellen, ob sich die Aethermoleküle wirklich auf die Bestimmung der Natur des Aethers beziehen, oder ob sie nicht vielmehr zu den Hülfsmitteln der Rechnung gehören. Unsere jetzige Analysis vermag eben so wenig Elasticitätskräfte, oder überhaupt nur in

der Berührung wirkende Kräfte, als ein Continuum ohne Einführung gewisser Hülfsvorstellungen der Rechnung zu unterwerfen. Für ein Continuum werden Differentiale der Masse nöthig; eine Elasticitätskraft wird auf einzelne Mittelpunkte der Kraft zurückgeführt. Aber Massendifferentiale beziehen sich nicht im entferntesten auf letzte Massentheile oder Atome; warum müssen sich denn die für eine Elasticitätskraft substituirtten Wirkungsmittelpunkte auf Moleküle beziehen? — Bei dieser Lage der Sache möchte eine Untersuchung nicht ohne Interesse seyn, deren Zweck es ist, zu zeigen, daß man die Resultate der Undulationstheorie auch ohne Annahme einer mechanischen Hypothese auf rein inductorischem Wege erlangen kann, indem man von der Erfahrung ausgehend, den mathematischen Ausdruck des Gesetzes aufsucht, welches die einzelnen Erscheinungen umfaßt. Insoweit als eine inductorische Ableitung mit Strenge gegeben werden kann, ist gegen die Richtigkeit des Gesetzes kein Zweifel zu erheben. Das Gesetz könnte höchstens bei unvollständig gegebener Erfahrung noch zu speciell gefaßt seyn, und in diesem Falle würde auch die Hypothese, durch die das inductorisch gefundene Gesetz gedeutet werden soll, noch Veränderungen erleiden. — Damit wird das vorliegende Unternehmen erklärt seyn.

## I. Lichterzeugung.

(Schwingungsgesetze des Lichtäthers.)

### §. 1.

Seit Römers Entdeckung ist es bekannt, daß das Licht Zeit braucht, um von einem Orte zu einem andern zu gelangen, d. h. sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortpflanzt. Bringt man damit die von Bradley entdeckte Aberration des Sternenlichts in Verbindung, so ergibt sich erstens, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes für den Beobachter an der

Erde unabhängig sey von der Quelle des Lichtes; — denn das Licht aller Himmelskörper zeigt eine gleiche jährliche Längenabweichung, — zweitens, daß sie unabhängig sey von der Entfernung sämtlicher Lichtquellen, — denn die Rechnung giebt für sie an jedem Orte der Erdbahn eine gleiche Gröfse. *Alles Licht hat also im Weltraume dieselbe constante Fortpflanzungsgeschwindigkeit.*

### §. 2.

Es fragt sich nun, worin das fortgepflanzte Licht bestehe? Zur Beantwortung dieser Frage wird die Betrachtung der Interferenzerscheinungen führen. Sie zeigen nämlich zunächst, daß Licht zu Licht hinzugethan nicht immer dieselbe Lichtstärke als Summe gebe, sondern eine sehr veränderliche. Aus der Veränderlichkeit dieser Summe müssen wir, da beide Summanden gleichartig sind, auch auf eine Veränderlichkeit der Summanden selbst schließen. Alle Veränderungen in der Körperwelt kommen aber zuletzt auf Bewegungen oder Veränderungen von Bewegungen hinaus, und sind nur dann genügend erkannt und erklärt, wenn man sie auf Bewegungen zurückgeführt hat. Wenden wir dies auf den vorliegenden Fall an, so wird das Licht als eine veränderliche Bewegung darzustellen seyn. Wir nennen die Masse, an welche diese Bewegung gebunden ist, Lichtäther, ohne uns vor der Hand um dessen Natur zu bekümmern, müssen aber wohl bemerken, daß nicht der Lichtäther selbst, sondern ein Zustand desselben, Licht ist, daß das Licht erst durch seine Bewegung erzeugt wird. Dabei können wir annehmen, daß die Intensität des Lichtes von der Intensität der lichterzeugenden Bewegung abhängt; beide werden mit einander entstehen und verschwinden, zu- und abnehmen.

### §. 3.

Um die Gesetze, unter denen Richtung und Geschwindigkeit der Lichtätherbewegung stehen, genauer

kennen zu lernen, ist es nöthig den Verlauf der Interferenzerscheinungen schärfer aufzufassen. Dieß geschieht in folgender Weise. Schneiden sich unpolarisirte oder auch gleichpolarisirte homogene Lichtstrahlen, die von derselben Quelle ausgegangen und gleich intensiv sind, überdiß Richtungen verfolgen, die so wenig von einander abweichen, daß man sie als parallel ansehen kann, die sich also nur in der Länge des Weges, den sie von der Lichtquelle aus bis zu ihrem Durchschnittspunkte zurückgelegt haben, von einander unterscheiden, so tritt im Durchschnittspunkte eine erhöhte Helligkeit ein, wenn die Längenunterschiede der Wege beider Lichtstrahlen, d. h. ihr Gangunterschied,  $mL$  beträgt; dagegen verschwindet alles Licht im Durchschnittspunkt, wenn der Gangunterschied  $\frac{2n+1}{2}L$  beträgt; endlich für Gangun-

terschiede, die zwischen  $mL$  und  $\frac{2m+1}{2}L$  inne stehen,

hat die Helligkeit eine von der größten Helligkeit bis zum Verschwinden abnehmende Gröfse.  $L$  ist hier eine, wenn auch sehr kleine, aber doch genau gemessene Gröfse, welche für verschieden farbiges Licht und für verschiedene durchsichtige Mittel verschieden ausfällt.  $m$  und  $n$  stellen ganze Zahlen vor. Auch ist vorausgesetzt, daß das durchsichtige Mittel auf dem ganzen Wege der Lichtstrahlen immer dasselbe sey.

#### §. 4.

Die verschiedene Lichtintensität im Durchschnittspunkte zweier Strahlen zeigt einen vom Gangunterschiede derselben abhängigen Wechsel der lichterzeugenden Bewegung im Durchschnittspunkte an. Diese lichterzeugende Bewegung im Durchschnittspunkte ist die Resultante der Bewegungen, welche das Licht in jedem der sich schneidenden Strahlen selbst hervorbringen. Eine Resultante zweier gegebenen Bewegungen erreicht aber im Allgemeinen ihr Maximum, wenn beide Bewegungen gleiche



Richtung haben, sie nimmt um so mehr ab, je mehr die Richtung der Componenten bis zur Entgegengesetztheit verschieden wird; soll sie verschwinden, so müssen die Componenten gleiche Größe und entgegengesetzte Richtung haben. Mithin haben in zwei gleich intensiven interferirenden Lichtstrahlen, für die wir natürlich eine gleiche absolute Quantität lichterzeugender Bewegung voraussetzen, diese letzteren stets dieselbe Richtung, wenn der Gangunterschied  $mL$ , stets entgegengesetzte, wenn der Gangunterschied  $\frac{2n+1}{2}L$  beträgt, und eine um so mehr oder weniger sich entsprechende, je mehr sich der Gangunterschied der Größe  $mL$  oder  $\frac{2n+1}{2}L$  nähert.

Was aber von zwei nur in Hinsicht auf die Länge ihres Weges verschiedenen Lichtstrahlen gilt, läßt sich auch auf verschiedene Weglängen eines und desselben Lichtstrahls anwenden. So stellt sich dann zuerst die Lichterzeugende Bewegung ( $Q$ ) im Strahle als eine Function der Länge desselben ( $l$ ) dar:  $Q=F(l)$ , so zwar dafs:

$$Q=F(l)=F(l+mL)=-F\left(l+\frac{2n+1}{2}L\right)\dots (1)$$

§. 5.

Dieses unter Formel (1) aufgestellte Gesetz deutet hin auf eine periodische oder oscillirende Bewegung des Lichtäthers, durch welche das Erscheinen des Lichtes bedingt ist. Wollen wir weiter untersuchen, welches die Richtung dieser Bewegung sey und welchem Gesetze ihre Geschwindigkeit folge, so müssen wir von den Interferenzerscheinungen polarisirter Strahlen ausgehen. Bei diesen treten die Erscheinungen bekanntlich nur dann in derselben Weise hervor, wie beim unpolarisirten Lichte, wenn ihre Polarisations Ebenen zusammenfallen; sie bleiben hingegen ganz aus, wenn ihre Polarisations Ebenen senkrecht aufeinanderstehen. Im letzten Falle ist die Intensität im Durchschnittspunkte vom Gangunterschiede

ganz unabhängig. — Senkrecht gegen einander polarisirte Strahlen müssen wir aber, indem wir uns von den einfachsten Experimenten leiten lassen, so ansehen, als ob sie gegen einander in einer auf ihrer Richtung senkrechten Ebene um  $90^\circ$  verdreht, übrigens vollkommen gleichartig wären. Haben also die Strahlen gleiche Intensität und Richtung, und findet bei ihnen kein Gangunterschied statt, so werden die auf eine, gegen ihre Richtung senkrechte Ebene projecirten Componenten der lichterzeugenden Bewegungen auf einander senkrecht stehen.

#### A. Richtung der Lichtätherbewegung.

##### §. 6.

Mögen sich nun zwei gleichintensive polarisirte Strahlen schneiden, deren Richtung ohne merklichen Fehler als zusammenfallend angesehen werden kann. Ihr Gangunterschied sey  $\Delta l$ . Dann hat man als Ausdruck für die lichterzeugende Bewegung in beiden Strahlen:

$$Q' = F(l) ; Q'' = F(l + \Delta l).$$

Wie immer diese Bewegungen beschaffen seyn mögen, sie lassen sich auf ein Coordinatensystem projeciren. Sey das System ein rechtwinkliches, die Axe der  $Z$  in der Richtung der Strahlen genommen, die Axe der  $X$  in die Polarisationsebene des einen Strahles gelegt; die Cosinus der Winkel, unter welchen die Richtung der Bewegung gegen die Axen:

	$X$	$Y$	$Z$
geneigt ist, sollen seyn für $Q'$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
für $Q''$	$\alpha + \Delta\alpha$	$\beta + \Delta\beta$	$\gamma + \Delta\gamma$

wenn beide Strahlen nach einerlei Richtung polarisirt sind, folglich:

$\beta + \Delta\beta$   $-(\alpha + \Delta\alpha)$   $\gamma + \Delta\gamma$   
wenn die Polarisations Ebenen senkrecht aufeinander stehen.

Die Summen der Componenten im Durchschnittspunkte werden dann:

I.      II.

Auf der      Bei gleicher Polarisation der      Bei senkrechter Polarisation der  
Axe.      interferirenden Strahlen.      interferirenden Strahlen.

$$X \quad \xi = \alpha F(l) + (\alpha + \Delta\alpha) F(l + \Delta l); \quad \xi'' = \alpha F(l) + (\beta + \Delta\beta) F(l + \Delta l)$$

$$Y \quad \eta = \beta F(l) + (\beta + \Delta\beta) F(l + \Delta l); \quad \eta'' = \beta F(l) - (\alpha + \Delta\alpha) F(l + \Delta l)$$

$$Z \quad \zeta = \gamma F(l) + (\gamma + \Delta\gamma) F(l + \Delta l); \quad \zeta'' = \gamma F(l) + (\gamma + \Delta\gamma) F(l + \Delta l)$$

Folglich ist das Quadrat der Resultante nach I:

$$R'^2 = [F(l)]^2 + [F(l + \Delta l)]^2 + 2F(l)F(l + \Delta l)[\alpha(\alpha + \Delta\alpha) + \beta(\beta + \Delta\beta) + \gamma(\gamma + \Delta\gamma)] \quad (2)$$

nach II:

$$R''^2 = [F(l)]^2 + [F(l + \Delta l)]^2 + 2F(l)F(l + \Delta l)[\alpha(\beta + \Delta\beta) - \beta(\alpha + \Delta\alpha) + \gamma(\gamma + \Delta\gamma)] \quad (3)$$

$R''$  soll aber unabhängig seyn vom Gangunterschiede der Strahlen ( $\Delta l$ ). Allein  $F(l + \Delta l)$  kann für ein veränderliches  $\Delta l$  nach Form. (1) entgegengesetzte Werthe annehmen; das letzte Glied rechts würde also bald positive, bald negative Werthe erhalten, und muß deshalb verschwinden, so daß:

$$2F(l)F(l + \Delta l)[\alpha(\beta + \Delta\beta) - \beta(\alpha + \Delta\alpha) + \gamma(\gamma + \Delta\gamma)] = 0$$

und da  $F(l)F(l + \Delta l)$  für sich nicht nothwendig verschwindet, so ist:

$$\alpha(\beta + \Delta\beta) - \beta(\alpha + \Delta\alpha) + \gamma(\gamma + \Delta\gamma) = 0 \quad (4)$$

Diese Gleichung muß allgemein gelten, also auch für den Fall, daß  $\Delta l = 0$  wird. Mit  $\Delta l = 0$  wird aber auch  $\Delta\alpha = 0$ ,  $\Delta\beta = 0$ ,  $\Delta\gamma = 0$ ; woraus für jeden Werth von  $l$  also allgemein folgt:

$$\gamma^2 = 0 \quad ; \quad \gamma = 0 \quad (5)$$

Und da überdies nach Formel (4) die Richtungen, deren Neigung gegen die Coordinat-Axen durch die Cosinus  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $0$  und  $\beta + \Delta\beta$ ,  $-(\alpha + \Delta\alpha)$ ,  $0$  vorgestellt werden, einen rechten Winkel einschließen, so ist auch:

$$\Delta\alpha = 0 \quad ; \quad \Delta\beta = 0 \quad (6)$$

Mit Berücksichtigung dieser letzten Gleichungen stellen sich dann  $R'$  und  $R''$  unter folgender einfacher Form dar:

$$R'^2 = [F(l) + F(l + \Delta l)]^2; \quad R''^2 = [F(l)]^2 + [F(l + \Delta l)]^2 \quad (7)$$

Durch die Formeln (5) und (6) ist die Richtung der lichterzeugenden Bewegung bestimmt. Formel (5) zeigt an, daß die Bewegungen nur transversal gegen die Richtung des Strahles erfolge; Formel (6), daß überdies immer dieselbe Transversal-Richtung beibehalten wird. Diese Transversale muß aber entweder in der Polarisationssebene liegen, oder senkrecht auf ihr stehen. Denn da die Erscheinungen bei Spiegelung und Brechung polarisirter Strahlen auf ganz gleiche Weise erfolgen, die Reflexions- oder Refractionsebene, oder der Hauptschnitt eines doppeltbrechenden Krystalls mag auf der rechten Seite der Polarisationssebene liegen oder mit ihr denselben Winkel links machen, so müssen die lichterzeugenden Bewegungen symmetrisch zu beiden Seiten der Polarisationssebene angeordnet seyn. Eine symmetrische Anordnung ist aber unter den gegebenen Bedingungen nur bei obiger Stellung möglich. — Steht es aber fest, daß die lichterzeugenden Bewegungen im polarisirten Lichte nur senkrecht gegen die Richtung des Strahles erfolgen, so muß man, wie Fresnel <sup>1)</sup> so einfach bewiesen hat, dasselbe auch vom unpolarisirten Lichte annehmen. Bei der Doppelbrechung wird nämlich ein unpolarisierter Lichtstrahl in zwei polarisirte getheilt, deren Vereinigung wieder einen unpolarisirten giebt, von gleicher Intensität und Beschaffenheit mit dem ursprünglichen. Jeder unpolarisirte Lichtstrahl kann demnach aus zwei senkrecht gegen einander linear polarisirten zusammengesetzt gedacht werden.

B.

- 1) Diese Annalen, Bd. XXIII S. 387. — An dieser Stelle leitet Fresnel auch die transversale Richtung der Lichtäther-Schwingungen aus der Nichtinterferenz senkrecht gegen einander polarisirter Strahlen ab. Seine Ableitung unterscheidet sich von der hier gegebenen dadurch, daß dort für die Geschwindigkeit der Lichtäther-Schwingungen das Gesetz schon präsumirt ist; sie ist aber auch in sofern mangelhaft, als die Möglichkeit des Auftretens negativer Componenten der lichterzeugenden Bewegungen gar nicht berücksichtigt ist, sondern alle Componenten wesentlich positiv genommen sind.

## D. Geschwindigkeit der Lichtätherbewegung.

## §. 7.

Aus den Resultaten des vorigen §. 6 ergibt sich, daß der Lichtäther bei der Lichterzeugung nur in sofern seine Entfernung von der Lichtquelle verändert, als er sich senkrecht gegen die Richtung des Strahles bewegt. An jedem Orte muß es daher stets dieselbe Masse seyn, deren Bewegung Licht erzeugt. Bezeichnet man sie mit  $M$ , ihre Geschwindigkeit mit  $V$ , so läßt sich die lichterzeugende Bewegung auch darstellen durch:

$$Q = F(l) = MV.$$

In diesem Ausdrucke ist  $M$  ein constanter Factor, mithin muß  $V$  eine Function von  $l$  seyn. Gleichung 1 geht daher über in:

$$Q = Mf(l)$$

und es handelt sich nur darum, die Function

$$V = f(l)$$

genauer zu bestimmen. Da müssen noch einige bekannte Erfahrungen zu Hülfe genommen werden, deren Beschreibung kürzlich folgende ist. Fällt ein linear polarisirter Lichtstrahl unter dem sogenannten Polarisationswinkel auf einen Spiegel, dessen hintere Fläche geschwärzt ist, so wird er nur dann vollständig reflectirt, wenn die Einfallsebene zugleich seine Polarisationsebene ist; je mehr aber beide Ebenen auseinandergehen, desto geringer ist die Intensität des reflectirten Lichts, und das reflectirte Licht ist immer in der Reflexionsebene des Spiegels polarisirt; wenn endlich die Polarisations- und Reflexionsebene einen rechten Winkel mit einander einschließen, so wird gar kein Licht reflectirt. Vergleicht man diess mit den Ergebnissen des vorigen §. 6, so geht daraus hervor, daß unter den angegebenen Umständen nur eine Componente der lichterzeugenden Bewegung nach der Reflexion fortgepflanzt wird, entweder nur die der Reflexionsebene parallele, oder die auf ihr senkrechte; nachdem nämlich die wahre Bewegungsrichtung des linear polarisirten Lichts

in der Polarisationsebene liegt oder auf ihr senkrecht ist. Für unseren Zweck ist es indess nicht nöthig, sich für eine der beiden möglichen Annahmen zu entscheiden; für beide ist die Rechnung nicht wesentlich verschieden, da der Winkel zwischen Reflexions- und Polarisationsebene in beiden Fällen derjenige ist, den die lichterzeugende Bewegung im reflectirten Theile des Strahles mit der im einfallenden macht. — Mit Hülfe eines solchen Polarisationsspiegels ist man also im Stande, jede lichterzeugende Bewegung auf ein beliebig gewähltes Coordinatensystem zu verlegen, den Effect der Componenten experimentell darzustellen, und sich wenigstens durch Vergleichung dieses Effects einen Begriff von der Gleichheit oder Ungleichheit der Componenten zu machen.\*

Wendet man dieses Untersuchungsmittel bei sogenanntem circular polarisirten Lichte an, so zeigen sich dieselben gleichen Componenten bei jeder Lage der Reflexionsebene des Spiegels. Ein circular polarisirter Lichtstrahl entsteht aber aus der Zusammensetzung zwei gleich intensiver, senkrecht gegen einander polarisirter Lichtstrahlen bei einem gewissen Gangunterschiede, der vor der Hand durch  $\delta l$  vorgestellt sey. Diese Erklärung der circularen Polarisation ist der reine Ausdruck der Erfahrung. Erzeugt man nämlich Circularpolarisation dadurch, daß man einen linear polarisirten Lichtstrahl durch ein Glimmerblättchen von bestimmter Dicke gehen läßt, dessen Hauptschnitte mit der Polarisationsebene Winkel von  $45^\circ$  einschließen, so theilt sich dieser in zwei gleich intensive, nach den Richtungen der Hauptschnitte linear polarisirte Strahlen; diese Doppelstrahlen haben aber — wie sich aus Verschiedenheit der Brechungsindices in den verschiedenen Hauptschnitten folgern läßt — verschiedene Geschwindigkeiten, so daß sie nach dem Austritte aus dem Blättchen in ihrem Gange ungleich geworden sind. Der mathematische Ausdruck für die Zerlegung eines circular polarisirten Strahles durch Anwendung eines

Polarisationsspiegels ist demnach, wenn der Neigungswinkel zwischen der Reflexionsebene und demjenigen Hauptschnitte des Glimmerblättchens, nach welchem der langsamere Strahl polarisirt ist, mit  $\alpha$  bezeichnet wird:

$$Mf(l+\lambda) = M\{f(l)\cos\alpha + f(l+\delta l)\sin\alpha\}$$

oder:

$$f(l+\lambda) = f(l)\cos\alpha + f(l+\delta l)\sin\alpha.$$

Wo  $\lambda$  eine ganz unbestimmte Gröfse ist, und durchgängig gleiche Functionszeichen gebraucht werden, weil die ihnen entsprechenden Bewegungen gleich intensives Licht geben. Soll die Function links, d. h. die Geschwindigkeit der Aetherbewegung, ihr Maximum ( $A$ ) erreichen, so hat man:

$$A^2 = [f(l)]^2 + [f(l+\delta l)]^2 \dots\dots (9)$$

Unterwirft man einen linear polarisirten Strahl zwei Mal hinter einander in derselben Weise den Bedingungen, durch welche er in einen circular polarisirten umgewandelt wird, so erhält man wieder einen linear polarisirten, der mit dem ursprünglichen gleich intensiv, aber unter einem rechten Winkel gegen ihn polarisirt ist, und, unter den Winkeln  $+45^\circ$  und  $-45^\circ$  zerlegt, gleiche Componenten giebt. Diefs dient zur Bestimmung von  $\delta l$ . Bei zweimaliger circularer Polarisation ist nämlich der Gangunterschied der zwei senkrecht gegen einander polarisirten Strahlen nach dem Vorigen  $2\delta l$ , und diese letzteren treten als Componenten des resultirenden linear polarisirten Strahles unter die Ausdrücke:

$$-Mf(l) = Mf(l+2\delta l),$$

daher:

$$-f(l) = f(l+2\delta l).$$

Man hat aber auch nach Formel (1):

$$-f(l) = f\left(l + \frac{2n+1}{2}L\right),$$

folglich:

$$f(l+2\delta l) = f\left(l + \frac{2n+1}{2}L\right)$$

und:

$$2\delta l = \frac{2n+1}{2}L; \quad \delta l = \frac{2n+1}{4}L.$$

Substituirt man dies in Formel (9), so hat man:

$$A^2 = [f(l)]^2 + \left[f\left(l + \frac{2n+1}{4}L\right)\right]^2$$

Diese Gleichung gestattet zu setzen:

$$f(l) = A \cdot \sin \varphi; \quad f\left(l + \frac{2n+1}{4}L\right) = A \cdot \cos \varphi$$

oder:

$$f\left(l + \frac{1}{4}L\right) = A \cdot \sin\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right) \dots \dots \dots (10)$$

Entwickelt man jetzt neben einander die Reihen:

$$f(l + \Delta l) = f(l) + \frac{df(l)}{dl} \frac{\Delta l}{1} + \dots$$

$$A \cdot \sin(\varphi + \Delta \varphi) = A \cdot \sin \varphi + A \frac{d \cdot \sin \varphi}{d \varphi} \frac{\Delta \varphi}{1} + \dots$$

so erhält man:

$$\frac{\Delta l}{dl} = A \cdot \frac{\Delta \varphi}{d \varphi}; \quad d \varphi = A \cdot \frac{\Delta \varphi}{\Delta l} \cdot dl.$$

Und setzt man für  $\Delta l$  und  $\Delta \varphi$  die sich nach Formel (10) entsprechenden Incremente von  $l$  und  $\varphi$  ein, so wird:

$$d \varphi = \frac{2\pi}{L} dl,$$

folglich:

$$\varphi = \frac{2\pi}{L} l + \text{Const.} \dots \dots \dots (11)$$

wobei die Constante der Werth von  $\varphi$  für  $l=0$  ist. Diese Constante läßt sich auf folgende Weise bestimmen. Wenn  $\varphi$  zugleich mit  $l$  verschwindet, d. h. beim Beginn der Bewegung, so wird:

$$\varphi = \frac{2\pi}{L} l.$$

Ist nun  $v$  die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes,



$T$  und  $t$  die Zeit, welche während der Fortpflanzung durch die Räume  $L$  und  $l$  verfließt, so daß  $L = vT$  und  $l = vt$ , so läßt sich  $\varphi$  auch ausdrücken durch:

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} t.$$

Dieser Ausdruck ist von  $l$  unabhängig, und gilt unter der Bedingung, daß  $\varphi$  und  $t$  zugleich verschwinden, d. h. für den Punkt, von dem die lichterzeugenden Bewegungen ausgehen, oder für die Lichtquelle selbst. Von der Lichtquelle aus gelangt die Aetherbewegung in die Entfernung  $l = vt'$  erst nach Verlauf der Zeit  $t'$ . In der Entfernung  $l$  wird daher  $\varphi$  erst einen Werth bekommen, wenn  $t$  bis zu  $t'$  gewachsen ist, oder schon für  $t - t' = 0$  verschwinden. Soll daher die vorige Gleichung auf einen um  $l$  von der Lichtquelle entfernten Ort angewandt werden, so muß für  $t$  eingesetzt werden  $t - t'$ . Diefes giebt den allgemeinen Ausdruck für  $\varphi$ :

$$\varphi = \frac{2\pi}{T}(t - t') = 2\pi \left\{ \frac{t}{T} - \frac{l}{L} \right\},$$

in welchem  $\varphi$  zugleich von  $l$  und  $t$  abhängig ist. Man hat daher:

$$V = f(l, t) = A \cdot \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{l}{L} \right) \right] \dots (12)$$

Von diesem Ausdrucke für die Geschwindigkeit eines schwingenden Aethertheilchens kommt man leicht auf den zurückgelegten Weg ( $s$ ) mit Hülfe der Relation  $ds = V \cdot dt$ , und erhält:

$$s = -A \cdot \frac{T}{2\pi} \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{l}{L} \right).$$

Ein Ausdruck, der, wenn  $t$  und  $s$  zugleich verschwindend angenommen werden, d. h. wenn für  $t$  eingesetzt wird  $t + \frac{T}{4}$  übergeht in:

$$s = C \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{l}{L} \right) \dots \dots \dots (13)$$

Formel (12) und (13), die hier streng inductorisch ab-

geleitet worden sind, entsprechen solchen Querschwingungen, bei denen die schwingenden Theilchen durch eine Kraft an ihren Ruhepunkt zurückgedrängt werden, deren Intensität direct zunimmt mit der Entfernung der Theilchen von ihrem Ruhepunkt. Die Gröfse  $T$  stellt die Zeit, und  $C$  die Weite einer Schwingung vor;  $L$  bezeichnet die Länge einer Welle.

## §. 8.

Aus den Formeln (12) und (13) lassen sich die Beugungs- und Interferenz-Erscheinungen in ihrem ganzen Umfange und in größter Uebereinstimmung mit der Erfahrung theoretisch ableiten. Man braucht dazu nur folgende Lehrsätze:

1) Wird ein Aethertheilchen zugleich von mehreren Schwingungssystemen afficirt, so erfolgt seine Bewegung in der Resultante aus den einzelnen Schwingungen. Die Aetherwellen durchkreuzen sich ohne Störung, und pflanzen sich hinter dem Durchkreuzungspunkte wieder regelmäßig fort.

2) Jeder Punkt, bis zu dem die Aetherschwingungen gelangt sind, wird Mittelpunkt neuer Schwingungen und sendet neue Wellen (Partial-Wellen) aus. An jedem Orte wird das Licht erzeugt durch die Uebereinanderlage und Durchkreuzung sämmtlicher Partial-Wellen.

Der erste dieser Sätze wird rein mechanisch gerechtfertigt; auf den zweiten führt uns schon eine Analogie. An den Wellen tropfbar-flüssiger Körper haben wir nämlich ein Beispiel von Undulationen, bei denen Schwingungsweite und Zeit so bedeutend sind, daß die einzelnen Schwingungsphasen sinnlich wahrgenommen werden können. Hält man aber diese Wellen theilweise durch einen Schirm auf, so verbreiten sie sich auch hinter dem Schirme; sie beugen sich so um, als ob sie von den Gränzen des Schirms ausgegangen wären.

(Schluß im nächsten Heft.)

VI. *Erläuternde Worte zu der Camera clara  
dioptrica;*  
*erfunden von Baron Ernst v. Leyser.*

Die von Joh. Baptist Porta schon im sechszehnten Jahrhundert gemachte schöne und nützliche Erfindung der Camera obscura litt bei allen ihren trefflichen Eigenschaften doch an einem bedeutenden und wesentlichen Mangel, sofern jenes Instrument nur bei Sonnenschein deutliche Bilder lieferte; und zum Nachzeichnen der letzteren deshalb sich nicht eignete, weil der Zeichner durch das von oben einfallende Licht (des unter  $45^{\circ}$  geneigten Spiegels) den Schatten seiner Hand und des Zeichenstiftes auf das zum Zeichnen bestimmte Papier bekam, und so nicht sehen konnte, was er mit den Zeichenstift eben ausführte. Zur Abhülfe des eben gerügten Fehlers drehte man in späterer Zeit die Einrichtung um, so daß nun der Spiegel das von dem Objectivglase empfangene Bild auf eine matte Glastafel reflectirte. Durch diese Einrichtung entstand die sogenannte Camera clara des Hrn. Reinthaler in Augsburg, welche nun schon vor der ursprünglichen Camera obscura die großen Vorzüge hatte, daß die Hand und der Stift des Zeichners von allen Schatten frei waren, und daß gewöhnliches Tageslicht zum Zweck des Nachzeichnens hinreichte. Allein hier wirkte wieder ein anderer Fehler störend auf die sonst recht lobenswerthe Verbesserung; das auf die transparente Glasfläche entworfene Bild zeigte sich nämlich von der entgegengesetzten Seite, d. h. alle Gegenstände, welche in der Natur *rechts* erblickt wurden, stellten sich auf der Glasplatte *links* dar. — Die Abhülfe dieses letztgenannten Uebelstandes beschäftigte lange Zeit hindurch die Optiker, da man recht wohl einsah, daß

der Eindruck einer Landschaft von der entgegengesetzten Seite auf den Beschauer bei weitem nicht so günstig seyn kann, als der einer sich *rechts* darstellenden, indem ja das Bild im ersten Falle den eigenthümlichen Charakter verliert und unkenntlich wird. — Weitere Versuche mit doppelten Spiegeln genügten auch nicht; denn obwohl hierdurch die Darstellung des Bildes von *rechts* erzielt werden konnte, so trat doch der neue Uebelstand ein, daß die Maschine, wegen des vorn angebrachten Spiegels, nicht mehr direct auf den Gegenstand gerichtet werden konnte, sondern in einer Winkelrichtung zu demselben gebracht werden mußte. Der durch doppelte Rückstrahlung hierbei eintretende Lichtverlust war ein weiterer Grund, diese Art von Verbesserung als ungenügend zu erklären. — Noch später vereinfachte man den Mechanismus der Camera obscura vorzüglich in Paris durch *prismatische* Apparate; allein bei der auch hier beibehaltenen Vorrichtung mit der matten Glastafel blieb die Darstellung des Bildes immer *links*.

Das zu allen Zeiten fortbestehende Bedürfnis, für Maler, Zeichner und Architekten ein gutes optisches Hülfsinstrument zu schaffen, rief dann auch die Erfindung der sogenannten Camera lucida von Wollaston in's Leben, welches Instrument dem kunstliebenden Publicum durch mehrere physikalische und artistische Werke hinlänglich bekannt worden ist. Allein auch dieses Instrument konnte nicht zur allgemeinen Geltung gelangen, weil es bei der Benutzung die Augen sehr angreift und im Verhältniß zur Camera obscura nur einen kleinen Theil des Objects in's Sehfeld bringt. Ueberdies erfordert die Anwendung der Camera lucida zu praktischen Zwecken ein besonderes Studium, indem bei der Beschauung durch das Prisma die Thätigkeit des Auges zwischen dem Object und der Bleistiftspitze, welche auf dem unterliegenden Papier in der Hand des Künstlers die Zeichnung ausführt, gleichsam getheilt ist. Die später von Amici mit

der Maschinerie vorgenommenen Veränderungen fielen ebenfalls nicht genügend aus, so daß das Instrument auch in dieser neuen Gestalt nicht allgemein Eingang in die Kunstwelt fand.

Noch später erfand der Mechaniker und Optiker Liebisch in Warschau ein Hülfsinstrument für Zeichner (besonders für Architekten), welches nach den Grundsätzen des Storchschnabels construirt war, und wofür dem Erfinder, so viel mir bekannt, vom Kaiser von Rußland ein Orden verliehen ward. Durch dieses Instrument welches die Benennung: Pantograph, erhielt, erblickte das Auge des Zeichners durch ein Visir die Gegenstände in der Natur, und zugleich eine Nadelspitze, welche, mit der Hand des Zeichners in Verbindung stehend, alle Bewegungen des Zeichenstiftes mitmachte. Der Mechaniker Hofmann in Leipzig erhielt für eine kleine Verbesserung dieses Instruments das Privilegium, es nur allein fertigen zu dürfen.

Trotz der weiteren, in Frankreich und England mit dem Pantograph vorgenommenen Versuche zur möglichsten Vervollkommenung desselben zum Gebrauch für Künstler, ist dieses Instrument doch allmählig in Vergessenheit gerathen. Der Grund hiervon dürfte wohl hauptsächlich darin zu suchen seyn, daß bei diesem Instrument nicht eine unmittelbare und totale Darstellung des Bildes zu erzielen ist, und daß der Zeichner vielmehr dasselbe erst durch geschickte Leitung des Stiftes in partieller Aufeinanderfolge schaffen muß, zu welcher Operation schon eine besondere Uebung erfordert wird. Es dürfte sonach das vollständig geschaffene verjüngte Bild der Natur, wie es vorzugsweise die Camera clara liefert, für Dilettanten jedenfalls genügend seyn; denn hier wird auch der Ungeübteste im Stande seyn einen Umriss von dem auf die matte Glastafel entworfenen Bilde zu machen, indem er die Formen bloß mit dem Crayon zu umzeichnen braucht.

Endlich in neuester Zeit erhielt das Wirken der Camera eine ganz andere Richtung, und nimmt in dieser nur einen untergeordneten Rang ein, indem es nur als ein Hülfsinstrument bei einem chemischen Proceß, Lichtbilder zu erzeugen, dient. Es ist hier von der für die Physik so wichtigen Entdeckung des nach seinem Erfinder sogenannten Daguerreotyp die Rede, welcher Apparat bekanntlich durch vorgängige chemische Proceduren auf versilberte Platten den getuschten Zeichnungen ähnliche Bilder malt, welche Bilder aber die *Pracht der Farben* entbehren, und überdies nur unter einer besonderen Richtung deutlich zu sehen sind, und endlich sind die meisten dieserartigen, selbst vervollkommneteren Bilder von der entgegengesetzten Seite dargestellt.

Obwohl nun die Fabrication der eben erwähnten Lichtbilder die Aufmerksamkeit des gesammten kunstliebenden Publicums zu absorbiren scheint, und die Camera clara in ihrer selbstständigen Bedeutung vernachlässigt wird, und selbst ganz vergessen zu werden droht, so dürfte es doch wohl an der Zeit seyn, den von der Natur so herrlichen colorirten Bildern ihr wohlverdientes Recht in der Kunstwelt wiederzugeben, wenn anders es gelungen wäre, die Camera clara, von allen früheren Mängeln befreit, in einer neuen, alle billigen Ansprüche der Kunst befriedigenden Form und Wirkungsweise darzustellen.

Und so hatte ich es mir seit mehreren Jahren im Interesse der höheren Kunst zur Aufgabe gemacht, das für die darstellende Kunst so wichtige Instrument, die Camera clara, von allen seinen Mängeln zu befreien und zu möglichster Vollkommenheit zu bringen. Dieses Ziel glaube ich nun nach mehrjährigen mühevollen Forschungen und für mich nicht unbedeutenden Geldopferungen erreicht zu haben, und erlaube mir die Eigenschaften der von mir erfundenen dioptrischen Camera clara in den allgemeinsten Zügen darzulegen.

Die Leyser'sche Camera clara unterscheidet sich von allen anderen derartigen Instrumenten dadurch:

- 1) dafs sie die empfangenen Bilder *rechts*, wie in der Natur, mit aller Farbenschönheit an eine *transparente perpendiculäre* Fläche malt;
- 2) dafs sie *keinen Spiegel* nöthig hat, und sonach *keinen Lichtverlust erleidet*;
- 3) dafs sie mit einem und demselben Rohre die Erreichung fast *aller Gröfsen* gestattet, und zwar durch blofses Verkürzen oder Verlängern des beweglichen Rohres;
- 4) läfst sie fast gar keinen Unterschied in der Deutlichkeit der nahen und fernen Gegenstände bemerken, auch wird keine Krümmung der in der Natur geraden Linien sichtbar, und ist die Beleuchtung des Bildes bis an den Rand scharf und klar, und endlich
- 5) besitzt sie ein Sehfeld von  $35^{\circ}$  bis  $40^{\circ}$ , und kann direct auf den Gegenstand gerichtet werden.

Ich schreite nun zur Lösung des zweiten und wichtigsten Theils meiner vorliegenden Aufgabe: zur Darlegung der Geschichte des von mir erfundenen Instruments zugleich mit der Exposition seiner Construction.

Da ich mich schon von frühester Jugend mit Begeisterung und Eifer dem Studium der Malerkunst zuwendete, mußte zugleich das Bedürfnifs in mir rege werden, einen geschickten Lehrer leitend zur Seite zu haben. Fern von der Stadt auf einem Landsitze erzogen, glaubte ich einen solchen in der Camera clara gefunden zu haben, die mir in der zauberhaften Darstellung der Natur in farbenprächtigen Bildern den hohen Genuß gewährte, die Natur als das höchste Object der bildenden Kunst künstlerisch anschauen und studiren zu können. Mein in späterer Zeit von mir erkorener Lehrer, der berühmte Meister, <sup>1</sup> Professor Moritz Retzsch, der mein Interesse für die Camera lebhaft theilte, widmete dem Instrumente, welches ich damals noch ganz nach den alten Regeln construirt hatte, trotz seiner beschränkten Zeit, viel Aufmerksamkeit, vereinigte sich mit mir zu den Versuchen zum

Nachzeichnen belebter Gegenstände, wie Portraits etc., die so befriedigend ausfielen, daß selbst jeder Nichtkenner von der Wahrheit in diesen so schnell gefertigten Umrissen ergriffen werden mußte, und bin ich noch im Besitze von derartigen Zeichnungen aus jener Periode. Unsere Freude wurde indess immer durch den Uebelstand getrübt, daß die Camera uns immer nur ein umgekehrtes Bild der Natur gewährte, und mein großer Meister, der mein lebhaftes Interesse für das Instrument kannte, sagte mir oft scherzend, es sey *meine* Aufgabe, die gerügte Unvollkommenheit der Camera zu beseitigen. Diese scheinbar im Scherze gegebene Anregung des großen Meisters wurde aber für mich zum mächtigen Impuls selbstständig tiefer in das Studium der Optik einzudringen. Was mir damals die Literatur der Optik über meinen Gegenstand Belehrendes zu bieten vermochte, wurde mit Eifer durchforscht; aber Befriedigung fand ich in der Hauptsache nirgends. Die von einigen Optikern ausgegangene Idee, durch zwei um die Summe ihrer Brennweiten auseinandergestellte Linsen die Darstellung der Bilder in der Camera *von rechts* zu erlangen, war zwar längst durch Versuche realisirt worden, aber das Resultat konnte deshalb nicht vollkommen genügend ausfallen, weil bei längeren Brennweiten eine zu große Länge des Rohres erfordert wurde und das Bild zu klein erschien, und bei kürzeren Brennweiten keine Deutlichkeit des Bildes zu erringen war. Ich kam nun zuerst auf die Idee, noch ein drittes Linsenglas in den Apparat zu bringen, und obwohl dieser Versuch in sofern gut ausfiel, als ein größeres Sehfeld entstand, so fehlte es doch den erzielten Bildern immer noch an vollkommener Schärfe und an genügendem Licht. Unbefriedigt verließ ich diese Richtung meiner Forschungen und wendete mich zu den Versuchen mit dem rechtwinklichen Prisma. Durch Versuche fand ich auch endlich eine Stellung des Prismas hinter dem Objectiv auf, die es gestattete, in der ge-



wöhnlichen Camera clara das Bild auf der horizontalen matten Glastafel *rechts* erscheinen zu lassen. So groß auch die Freude über die gemachte Entdeckung war, so wurde ich bald gewahr, daß die Ausführung sehr schwierig blieb, einmal weil es schwer hält Prismen von *reiner* Glasmasse in einer etwas bedeutenderen Größe zu erhalten, und dann, weil bei dieser Einrichtung der Spiegel nicht zu entbehren ist, dessen Wirkung in der günstigsten Stellung doch immer einen Lichtverlust setzt. Dieser letztere Umstand insbesondere veranlaßte mich zu den verlassenen Versuchen zurückzukehren, um mit einem neuen Aufwand von nicht unbedeutenden Kosten neue Versuche mit *achromatischen Objectiven* zu machen, die ich statt der einfachen Linsen anwendete. Nachdem ich eine große Anzahl solcher theuern Objective den Versuchen geopfert und so manches Instrument seiner Zierde beraubt hatte, glaubte ich ein glückliches Resultat erlangt zu haben, in sofern ich auf diesem Wege ein *rechts* dargestelltes und scharf begränztes Bild auf einem ziemlich großen Sehfeld erlangt hatte. Aber auch hierbei konnte ich nicht stehen bleiben, weil der Realisirung meines Ideals immer noch der Mangel entgegenstand, daß das Licht auf diesen Bildern sich zu sehr auf den Mittelpunkt concentrirte und sich nicht gleichmäßig über das ganze Bild verbreitete. Jetzt galt es abermals die Lösung eines neuen und vielleicht noch schwereren Problems, nämlich die Herbeischaffung eines genügenden, gleichmäßig sich auf das durch meine Forschungen gefundene Bild *von rechts* verbreitenden Lichtes. Durch meine bis dahin gewonnenen practischen Erfahrungen mehr befähigt, gelang es mir nun auch bald, das Endziel meiner Forschungen zu erreichen. Die Einfügung eines Beleuchtungsglases in den dioptrischen Apparat gab den Ausschlag, und krönte so meine rastlosen Bemühungen mit dem schönsten Erfolg. Denn ich glaube dem kunstsinnigen Publicum in meiner Camera ein in seiner Art vollkommenes Instrument darzu-

bieten, ein Ergebniss, das mir auf dem mühevollen Wege meiner Forschungen immer als das glänzendste Endziel vorleuchtete.

Nachdem ich hier mit vergleichenden Rückblicken auf Geschichte und Bedeutung der Camera obscura und ihrer Varietäten überhaupt die Entstehungsgeschichte und die Eigenthümlichkeiten und Vorzüge des von mir erfundenen Instruments in Kürze dargelegt, gehe ich nun weiter zur

#### Construction der Camera clara dioptrica.

Ich behalte diesen Namen für das von mir erfundene Instrument vorläufig bei, bis das ein Philolog vom Fach sich desselben annehmen und mit einem passenderen griechischen Namen taufen wird (entlehnt davon, das es die Bilder rechts darstellt).

Ich erwähne nochmals, das es mein Wunsch und das Ziel meiner Forschungen war, ein brauchbares Hülfsinstrument für Zeichner, eine unfehlbare Copiermaschine der Natur, zu construiren, und gebe nun, da ich zu so befriedigenden Resultaten gelangt, und in der Hoffnung, den Künstlern und den Freunden der Kunst einen gewifs nicht unwesentlichen Dienst zu leisten, das Geheimniss meiner Erfindung in der Construction des dioptrischen Apparates der Camera clara mit Freudigkeit dahin, auf das Wissenschaft und Kunst zugleich so viel Belehrung und Nutzen daraus ziehe, als es nur immer zu gewähren vermag.

Es ist ein schon längere Zeit in der Optik festgestellter Erfahrungssatz, das wenn man zwei convexe Linsen von kurzer Brennweite um etwas mehr als die Summe ihrer Brennweiten auseinanderstellt, die Darstellung eines aufrechten Bildes erzielt wird. Das durch diesen Apparat hervorgebrachte Bild ist aber so klein und dunkel, das es, wie man sich leicht überzeugen kann, zu practischen Zwecken nicht anwendbar, weshalb auch

die Optiker diese Zusammenstellung nicht weiter beachtet haben. Mir jedoch diene diese Erfahrung als Fingerzeig und Wegweiser bei der Construction meines Apparates, der glücklichere Resultate lieferte, aber allerdings auch aus etwas kostbareren Materialien, als aus zwei einfachen Linsen besteht. Die Wirkung aber entschädigt hier hinlänglich den größeren Kostenaufwand.

Zur Herstellung des Instruments sind folgende Materialien erforderlich:

Vier Stück zweifache *achromatische* Objectivgläser, eine einfache Hülllinse, ein großes Sammelglas und eine mattgeschliffene Glastafel.

Ich beginne mit der Beschreibung des vorderen Rohres, als dem wichtigsten Theile des Instrumentes. Taf. III Fig. 1 zeigt den Durchschnitt des in dem Instrumente vorn eingesetzten Rohres nebst den dazu gehörigen Gläsern in natürlicher Gröfse.

Das vordere Objectiv *a* und *b*, welches aus einem zweifachen *achromatischen* Objectivglas *a* und einem einfachen Linsenglas *b* (welches letztere zur Herstellung einer möglich kurzen Brennweite vor das achromatische gestellt ist) zusammengesetzt ist, besteht nothwendig aus diesen *zwei* Theilen, indem es sehr schwierig wäre, die geforderte Wirkung durch *ein* Glas zu erreichen; da die gesammte Brennweite der beiden Gläser noch nicht 5 sächsische Zoll erreichen darf, und die Rundung der Kugelfläche schon bedeutend auf ein Glas wirken würde. Beide Gläser *a* und *b* haben 18 Linien Oeffnung und 8 sächsische Zoll Brennweite, bilden aber in ihrer Zusammenstellung Eins von ungefähr  $4\frac{1}{2}$  sächsische Zoll Brennweite. Die *convexen* Flächen sind nach aussen, dem abzubildenden Gegenstande zugekehrt. Diese zwei Gläser, auf deren Güte sehr viel ankommt, bilden den Inhalt des kleineren Rohres *c*, welches sich in dem größeren Rohre *d* hin und her bewegen läfst.

Das gröfsere Rohr *d* enthält erstens *zwei einfache*

*achromatische* Objectivgläser *e* und *f*, deren jedes 8 Zoll Brennweite hat, die aber in ihrer Vereinigung Ein Glas von ungefähr  $4\frac{1}{2}$  sächs. Zoll Brennweite bilden.

Diese zwei egalen Gläser müssen den grössten Durchmesser vor allen übrigen im Rohre haben, weil sonst das Sehfeld in seiner Grösse verringert würde. 24 Linien Oeffnung sind für diese beiden Gläser erforderlich. Sie sind mit ihren *convexen* Flächen dem inneren Theil der Camera zugewendet.

Es folgt nun das letzte Glas im Rohre, ein *achromatisches* Objectivglas *g*, von 6 sächs. Zoll Brennweite und 20 Linien Oeffnung, welches seine *convexe* Crown-glasfläche wieder nach vorn dem Gegenstande zukehrt. Es ist dieses fünfte und letzte Glas im Rohre, welches dem Bilde das grofse Sehfeld und die Schärfe verleiht. Ueber die Anordnung und Bedeutung des Beleuchtungsglases werde ich das Nöthige in dem nun folgenden mathematischen Beweis für die Richtigkeit meiner Construction und deren präzise Wirkung beibringen. Taf. III Fig. 2 gewährt die figürliche Darstellung hierzu.

Es sey der abzubildende Gegenstand ein Kreuz *o*, welches zunächst von dem doppelten Vorderglas *a* und *b* empfangen wird. Die beiden Strahlen *p* und *q*, welche von den Endpunkten des Kreuzes *o* durch das Objectiv *a* und *b* gehen, kreuzen sich hinter diesem Glase, und stellen daher in dem Brennpunkt *c* das Kreuz *o* in der Convergenz umgekehrt dar. Von dort empfangen die drei hintersten Gläser *c*, *d* und *f* das umgekehrte Bild *o*, und stellen es hinter sich bei *g* wieder aufrecht dar. Von diesem Punkte *g* aus durchlaufen die Strahlen *g* und *h* divergirend das *Beleuchtungsglas i*, welches Glas dem Bilde erst das wahrhaft zauberische Licht und die schönste Vollkommenheit giebt. Der Durchmesser dieses Beleuchtungsglases mufs gleich seyn der gewünschten Grösse des Sehfeldes. Die Brennweite für dieses Glas kann auf 9 Zoll Oeffnung 14 Zoll betragen, obwohl

wohl hier die Differenz um einen Zoll nicht von grosser Bedeutung ist, da es wesentlich nur zur Beleuchtung dient. — Jedoch ist dieses Glas das *theuerste* Stück am ganzen Instrumente, und ist bis jetzt in dieser Grösse nur aus Paris zu erlangen gewesen. Wichtig ist, dafs die Flächen dieses Glases nicht von gleicher Convexität sind, da die eine erhabnere Fläche dem Auge des Beschauers zugekehrt seyn mufs. Wird diese letzte Regel nicht genug beobachtet, so entsteht sofort eine Strahlenverwirrung und das Bild erscheint wie verwischt.

Dieses in dem Apparat so bedeutungsvolle Beleuchtungsglas wirft das Bild auf die mattgeschliffene Glastafel *k*, welche 4 Zoll entfernt vom Beleuchtungsglas steht, und auf welcher sich nun das Bild in aller Farbenpracht dem Beschauer präsentirt.

Es ist in der Anordnung des Apparats mit Genauigkeit den hier gegebenen Regeln zu folgen; denn sobald nur eine einzige Fläche regelwidrig gewendet oder gar ein Glas weniger dazu verwendet wird, so ist das Bild vernichtet.

Die grösste Schwierigkeit und die höchste Aufgabe bei dieser Erfindung bestand darin: die Abweichung der Kugelflächen zu beseitigen und ein grosses Sehfeld mit brillantem Licht zu schaffen.

Ich gehe nun zur Beschreibung der Aussen- oder der Camera über. Das Instrument erhält das gefälligste Ansehen durch eine achtkantige Birnenform. Da man diese Camera wie ein Fernrohr direct auf den Gegenstand richten kann, welches bei der practischen Anwendung einen grossen Vortheil gewährt, so ist ein Stativ, welches die verticale und horizontale Bewegung zuläfst, sehr passend. Das ganze Gehäuse fertigt man der Leichtigkeit wegen von Holz, Pappe oder Blech.

Taf. III Fig. 3 stellt die Seiten-Ansicht der Camera dar.

*A.* Das birnenförmige Gehäuse. — *B.* Das vordere

Rohr, welches in das birnenförmige Gehäuse *A* gut eingepaßt seyn muß, damit es sich bequem stellen lasse. — *C.* Eine Sonnenblende, über das Auszugsrohr zu stecken, um das falsche Seitenlicht abzuhalten. — *D.* Das Stativ von Holz mit verticaler und horizontaler Beweglichkeit. — *E.* Deutet den Ort des großen Sammel- oder Beleuchtungsglases an, welches 13 Zoll vom vorderen Zugrohr entfernt stehen muß. — *F.* Giebt den Ort für die mattgeschliffene Glastafel an. — *G.* Ein Schirm, auf das birnenförmige Gehäuse zu stecken, zur Abhaltung des blendenden Seitenlichts. — *H.* Das Auge des Beschauers. — *I.* Eine in dem Gehäuse nöthige Thür, zur Einführung des Beleuchtungsglases und der matten Glastafel. — *K.* Ein Tisch, worauf das Instrument steht.

Eine Berechnung der äusseren und inneren Kugelflächen für die achromatischen Objective in dem Instrument beizugeben, hielt ich für überflüssig, da es Werke genug giebt, die hierüber genügenden Aufschluß geben, und nenne ich von vielen hierher gehörenden physikalischen Werken nur: »Barfufs, *populäre Optik* und Prechtl's *Anweisung, gute Fernröhre zu bauen.*« Obnehin setze ich mit Recht voraus, daß jeder Optiker das Glas kennen muß, welches er bearbeitet, und daher nur aus Erfahrung die besten Verhältnisse finden kann.

Noch eine nothwendige Bemerkung erlaube ich mir aus practischer Erfahrung mitzutheilen, und dem Verfertiger solcher Instrumente pflichtschuldigst als einen wichtigen Fingerzeig an die Hand zu geben. Man hüte sich nämlich sehr, *grünes Crownglas* zu den achromatischen Objectiven zu nehmen, man würde dadurch ein grün gefärbtes und sehr dunkles Bild erhalten. Wiederholt und auch noch in jüngster Zeit angestellte Versuche haben bewiesen, daß grüne Glasmasse zu dergleichen Apparaten durchaus untauglich ist. Man wähle daher ja recht lichte Glasmasse, und sehe vorzüglich auf große Härte und Tüchtigkeit der Masse zum Crownglas.

Nachdem nun auch die äußere und innere Construction der Camera clara dioptrica ausführlich dargelegt worden, bleibt mir noch übrig, über die Anwendung des Instruments zu künstlerischen Zwecken einige practische Regeln aufzustellen.

Wenn man den Apparat zum Beschauen oder zum Nachzeichnen der Bilder der Natur benutzen will, so suche man vor allen Dingen die Maschine auf gut beleuchtete Gegenstände zu richten, und zwar nie gegen die Sonne, weil dann der Apparat nicht wirken kann. Ferner suche man sich mit dem Instrument wo möglich in's Dunkel zu stellen, um das Licht von der matten Glastafel abzuhalten, weil, wenn Licht auf dieselbe fällt, das auf ihr erzeugte transparente Bild nicht gesehen werden kann. So aber die Localität es nicht anders erlauben sollte, so ist man genöthigt einen Vorhang über sich zu hängen, da die Abhaltung des Lichts von der matten Glastafel eine unveräußerliche Bedingung bleibt. Diese Tafel ist durch ihren Schliff sehr gut geeignet, unmittelbar darauf zeichnen zu können, und man bringt mit dem Bleistift die feinsten Striche darauf hervor. Die auf der Glastafel entworfene Zeichnung kann man mit leichter Mühe aufs Papier durchzeichnen und dann das Glas für einen neuen Umriss reinigen.

Da dieses Instrument den Vorzug besitzt, in einer und derselben Entfernung verschiedene Größen der Gegenstände hervorzubringen, so ist dieß gewiß sehr vortheilhaft für den Zeichner, der nichts weiter zu thun hat, als das Rohr, welches in dem Gehäuse verschiebbar ist, je nach dem Bedürfnis heraus oder hinein zu bewegen. Zieht man das Rohr heraus, so vergrößern sich die Gegenstände; wird es nach einwärts geschoben, so werden sie kleiner. Jedoch ist dabei die Regel zu beobachten, daß man dann auch jedesmal das kleinere Rohr, welches in dem größeren steckt, anders stellen muß, um die Deutlichkeit des Bildes wieder herzustellen.

Der Maler wird, wenn er auch das Instrument nicht zum Nachzeichnen benutzt, aus dem bloßen Anschauen der dargestellten Bilder für seine Studien großen Nutzen ziehen; er wird über viele Schwierigkeiten in der Darstellung der Bilder Aufschluß erhalten, indem die Natur concentrirt auf einer Fläche gemalt erscheint. Die tiefsten Geheimnisse der sinnigsten Farbenmischung in der Natur, sie erschließen sich hier dem Auge des Forschers. Jeder wird unwillkürlich von der Wahrheit und Treue ergriffen, mit der die belebten und unbelebten Gegenstände sich hier präsentiren, und ganz besonders schön nimmt sich hier in der Umrahmung ein lichtumflossener, zart weiblicher Kopf aus.

Um Portraits durch Vermittlung der Maschine zu zeichnen, muß man sich schon einige Uebung und Fertigkeit erworben haben, da wohl nur wenig Personen so ganz unbeweglich still sitzen können. An dem Instrument, dessen ich mich bediene, ist die Correction mit Zahn und Trieb gleich links neben der, auf einem Stock ruhenden Hand angebracht, so daß man den schärfsten Punkt der Darstellung auf das Genaueste suchen kann.

Um Personen mit sehr unruhiger Blutbewegung bei der Sitzung zum Portrait doch in möglichster Ruhe erhalten zu können, bedient man sich zweckmäsig eines Stückes Rohr von Pappe, darin der Hinterkopf des zu Portraitirenden paßt, so daß sich derselbe in diesem Rohre fixirt fest an die Wand anlegt.

Professor Martin in Wien bedient sich beim Daguerreotypiren der genannten Vorkehrung.

Am Schlusse dieser Abhandlung sey es mir noch erlaubt, frei von aller Animosität, eine vergleichende Parallele zwischen dem Daguerreotyp und meinem Instrument zu ziehen, wobei sich die Vorzüge, welche das letztere bei der practischen Anwendung zu künstlerischen Zwecken besitzt, von selbst herausstellen. Zuvörderst was den so wichtigen Zeitaufwand betrifft, so nehmen



die chemischen Präparationen der Platten sehr viel Zeit in Anspruch, während mit meinem Instrument der gewünschte Umriss von dem aufzunehmenden Gegenstande in wenigen Secunden vollkommen fertig erlangt wird, indem es beim Daguerreotypiren nach der Sitzung immer noch problematisch bleibt, ob das Bild gelungen ist, so dafs dann in der That oft mehrere Sitzungen nöthig werden, ehe dafs ein treues Portrait gelingt. Dazu kommt zugleich, dafs der Künstler sich erst eine besondere Fertigkeit in den chemischen Operationen erwerben mufs, und überdiess ohne Gehülfen wohl kaum arbeiten kann. Ferner gewährt mein Instrument den grofsen Vortheil, den aufzunehmenden Gegenstand in den verschiedensten Gröfsen, selbst bis zur Lebensgröfse aufzunehmen, was bei dem Daguerreotyp absolut unerreichbar ist. Von dem so fruchtreichen Studium der Coloratur in der Natur, wie es die Bilder meines Instruments gewähren, ist beim Daguerreotyp schon gar nicht die Rede. Die Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen, der Güte der chemischen Reagentien beim Daguerreotypiren fällt bei meinem Instrumente ganz weg. Noch Vieles könnte ich zur Hervorhebung meines Instrumentes beibringen, unterlasse aber solches in der Hoffnung, dafs dasselbe recht bald vielfachen Eingang in die Kunstwelt finden und in seinem Wirken die eindringlichste Fürsprache für sich selbst führen werde.

## VII. Ueber die vortheilhafteste Construction thermo-elektrischer Apparate;

von A. F. Swanberg.

Prof. der Physik in Upsala.

(Aus einer vom Verf. mitgetheilten Dissertation.)

**Zu** einem thermo-elektrischen Apparat gehört erstens eine Säule zur Hervorbringung des elektrischen Stroms, und zweitens ein Galvanometer, zu dessen Wahrnehmung und Messung. Damit der größt mögliche Effect entstehe, ist es nothwendig, beide Theile in ein gewisses Verhältniß zu einander zu setzen. Ist das Galvanometer gegeben und man will eine Säule von ebenfalls gegebenem Querschnitt construiren, so muß diese aus einer gewissen Anzahl von Paaren zusammengesetzt werden; ist dagegen die Säule gegeben und man will ein Galvanometer mit einem Draht von bestimmtem Querschnitt construiren, so muß die Anzahl der Windungen darnach festgesetzt werden. Der Mangel guter Verhältnisse zwischen diesen beiden Theilen ist wohl die Ursache, weshalb man so ungemein selten thermo-elektrische Apparate findet, von der Empfindlichkeit, auf welche sie gebracht werden können. Physiker, selbst die, welche wohl mit Ohm's Theorie der dynamischen Elektrizität bekannt sind, und welchen die Wissenschaft sehr viel verdankt, haben nicht alle hieher gehörigen Umstände recht in Betracht gezogen. Wenn z. B. Pouillet sagt, daß die Anzahl der Drahtwindungen des Galvanometers ohne Einfluß ist, so gilt dieß natürlich nur unter der Voraussetzung, daß, gegen deren Leitungswiderstand, der der Säule ein verschwindender ist. Daß nun aber dieß bei den gewöhnlichen thermo-elektrischen Säulen nicht der Fall ist, ist leicht einzusehen. Nach Lenz ist näm-

lich <sup>1)</sup>, wenn man das Leitungsvermögen des Kupfers mit 100 bezeichnet, das vom Antimon = 8,87 , Wismuth = 2,58.

Hat man also eine Säule aus 50 Paaren Wismuth- und Antimonstäben, jeden von 0,04 Meter Länge, so wird die reducirte Länge eines Kupferdrahts von demselben Querschnitt und demselben Widerstand wie die Säule:

$$= 0,04 \times 50 \times \left( \frac{100}{8,87} + \frac{100}{2,58} \right) = 100,08 \text{ Meter.}$$

Dies ist, wie man sieht, ein nicht unbedeutender Widerstand, der vollkommen vergleichbar ist mit dem in allen zum thermo-elektrischen Behufe anwendbaren Galvanometern. Der von Fechner beschriebene Galvanometer, bestehend aus einem breiten, bloß einen Umgang machenden Kupferstreifen, scheint auch auf die Voraussetzung gegründet zu seyn, daß die Multiplication unvortheilhaft sey, was aber, wie wir sogleich sehen werden, nicht der Fall ist.

Um den galvanometrischen Effect thermo-elektrischer Ströme und die denselben bedingenden Umstände richtig zu beurtheilen, wollen wir denselben mit  $S$  bezeichnen. Dann ist:

$$S = \frac{mnK}{r + r' + R},$$

worin  $m$  die Zahl der galvanometrischen Windungen,  $n$  die Zahl der Stäbepaare der Säule,  $K$  eine mit der elektromotorischen Kraft eines jeden Paares proportionale Größe, die aber übrigens von der Form des Galvanometers und dem magnetischen Zustand der astatischen Nadel abhängt; ferner  $r$ ,  $r'$  und  $R$  der Leitungswiderstand für Elektricität in der Säule, dem Galvanometer und dem beide vereinigenden Theil der Kette.

Ist nun:  $l$  = Länge jedes Wismuth- oder Antimonstabes in der Säule;  $\alpha$  = dessen Querschnitt;  $\lambda$  = Leitungswiderstand des Antimons;  $\lambda'$  = der des Wismuths;

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XLIV S. 346.

$l' =$  Länge des kupfernen Galvanometerdrahts;  $\alpha' =$  Querschnitt dieses Kupferdrahts oder der Kupferstange;  $A =$  Leitungswiderstand des Kupfers;  $L =$  Länge des die Säule mit dem Galvanometer verbindenden Stücks mit dem Querschnitt  $A$  und dem Leistungsvermögen  $A$ ; so wird:

$$r = \frac{nl}{\alpha\lambda} + \frac{nl'}{\alpha\lambda'} = \frac{nl}{\alpha} \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right)$$

$$r' = \frac{l'}{\alpha'A} \text{ und } R = \frac{L}{AA'}$$

folglich:

$$S = \frac{mnAK}{\frac{n}{\alpha} \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right) + \frac{l'}{\alpha'A} + \frac{L}{AA'}} \dots\dots (1)$$

Aus diesem Ausdruck erhellt, daß es am vortheilhaftesten ist,  $\frac{L}{A}$  so klein zu machen, als es sich mit dem Zweck des Apparats vereinbaren läßt. Ich hebe diesen Umstand hervor, da wir finden werden, daß die vortheilhaftesten Werthe von  $m$  und  $n$  sehr kleine Zahlen sind. Wir wollen in Folge dieses Umstandes den Querschnitt der Säule als ein Quadrat von dem Flächeninhalt  $2a$  annehmen, und denselben theilen in  $n$  Wismuth- und  $n$  Antimonscheiben, deren eine Seite sämtlich  $=\sqrt{2a}$  und deren andere  $=x$ , und die zwischen sich den Abstand  $=\delta$  haben. Dann ist:

$$2a = \sqrt{2a}(2nx + (2n-1)\delta); x\sqrt{2a} = a,$$

woraus:

$$\alpha = \frac{a - (n-1)\delta\sqrt{2a}}{n}$$

Ist die ganze zu den oberen Galvanometerwindungen bestimmte Querschnittsfläche  $=A'$ , die verticale Seite jeder Windung  $=b$ , die horizontale  $=y$ , und der Abstand zwischen ihnen  $=\delta'$ , so ist:

$$A' = b(my + (m-1)\delta'); by = \alpha',$$

woraus:

$$\alpha' = \frac{A' - (m-1)\delta' b}{m} \cdot \sqrt{6 \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right)}$$

Es bezeichne auch  $L'$  die Länge einer jeden Windung, oder es sey:

$$l' = mL'$$

Durch Substitution dieser Größen in Gleichung (1) erhält man:

$$S = \frac{mnAK}{\frac{n^2 l}{N \cdot a} \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right) + \frac{m^2 \cdot L'}{M \cdot A'} + \frac{L}{A}} \quad (2)$$

wenn Kürze halber gesetzt wird:

$$N = 1 - (n - \frac{1}{2})\delta \sqrt{\frac{2}{a}}; \quad M = 1 - (m-1)\frac{\delta' b}{A'}$$

Das Maximum von  $S$  bei Variation von  $n$  und  $m$  wird erhalten durch die Gleichungen:

$$\frac{dS}{dn} = 0 \quad \frac{dS}{dm} = 0,$$

welche geben:

$$\frac{l}{a} \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right) \left( \frac{n^2}{N} - \frac{n^3}{N^2} \cdot \frac{dN}{dn} \right) = \frac{m^2}{M} \cdot \frac{L'}{A'} + \frac{L}{A}$$

und:

$$\frac{L'}{A'} \left( \frac{m^2}{M} - \frac{m^3}{M^2} \cdot \frac{dM}{dm} \right) = \frac{l}{a} \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right) \frac{n^2}{N} + \frac{L}{A}$$

oder weil:

$$\frac{dN}{dn} = -\delta \sqrt{\frac{2}{a}}; \quad \frac{dM}{dm} = -\delta' \frac{b}{A'}$$

auch:

$$\frac{l}{a} \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right) \left( 1 + \frac{\delta}{2} \sqrt{\frac{2}{a}} \right) \frac{n^2}{N^2} = \frac{m^2}{M} \cdot \frac{L'}{A'} + \frac{L}{A} \quad (3)$$

und:

$$\frac{L'}{A'} \left( 1 + \frac{\delta' b}{A'} \right) \frac{m^2}{M^2} = \frac{l}{a} \left( \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\lambda'} \right) \frac{n^2}{N} + \frac{L}{A} \quad (4)$$

Durch Addition und Subtraction dieser Gleichung erhält man folgende, zur Berechnung von  $m$  und  $n$  weit dienlichere:

$$\frac{l}{a} \left( \frac{A}{\lambda} + \frac{A'}{\lambda'} \right) \delta \sqrt{\frac{2}{a}} \cdot \frac{n^3}{N^2} + \frac{L' \delta' b}{A'^2} \cdot \frac{m^3}{M^2} = \frac{2L}{A} \dots (5)$$

und:

$$\frac{l}{a} \left( \frac{A}{\lambda} + \frac{A'}{\lambda'} \right) \frac{C n^2}{N^2} = \frac{L'}{A'} \cdot \frac{D m^2}{M^2} \dots (6)$$

wo Kürze halber gesetzt ist:

$$C = 2 - (n-1) \delta \sqrt{\frac{2}{a}} ; \quad D = 2 - (m-2) \frac{\delta' b}{A'}$$

Die ersten genäherten Werthe  $m'$  und  $n'$  zu diesen beiden Gleichungen bekommt man, wenn man in  $N$ ,  $M$ ,  $C$  und  $D$  die Größen  $\delta$  und  $\delta'$  fortwirft. Diefs giebt:

$$\frac{l}{a} \left( \frac{A}{\lambda} + \frac{A'}{\lambda'} \right) \delta \sqrt{\frac{2}{a}} \cdot n'^3 + \frac{L' \delta' b}{A'^2} \cdot m'^3 = \frac{2L}{A} \dots (7)$$

und:

$$\frac{l}{a} \left( \frac{A}{\lambda} + \frac{A'}{\lambda'} \right) n'^2 = \frac{L'}{A'} m'^2 \dots (8)$$

aus welchen Gleichungen  $m'$  und  $n'$  leicht zu finden sind. Die berichtigten Werthe von  $m$  und  $n$  erhält man aus (5) und (6), wenn man darin macht:

$$N = 1 - (n' - \frac{1}{2}) \delta \sqrt{\frac{2}{a}} , \quad M = 1 - (m' - 1) \frac{\delta' b}{A'}$$

$$C = 2 - (n' - 1) \delta \sqrt{\frac{2}{a}} , \quad D = 2 - (m' - 1) \frac{\delta' b}{A'}$$

Um den entsprechenden größten Werth von  $S$  zu finden, muß man erwägen, dafs dieser in der Nähe seines Maximums nur unbedeutend variiren kann. Deshalb muß es für erlaubt zu halten seyn, in (1) zu setzen  $m = m'$  und  $n = n'$ . Wenn man Kürze halber macht:

$$\frac{A}{\lambda} + \frac{A'}{\lambda'} = \gamma$$

erhält man folglich nach vollzogener Substitution:

$$S = \frac{2 \sqrt{a A'} \cdot A K}{4 (\gamma l L)^{\frac{1}{2}} + \left( \frac{2L}{A} \right)^{\frac{1}{2}} (\gamma l L')^{\frac{1}{2}} \left( \delta \sqrt{2L'} + \delta' b \sqrt{\frac{\gamma L}{A'}} \right)^{\frac{2}{3}}}$$

oder wenn man  $\delta$  und  $\delta'$  fortwirft:

$$S = \frac{A}{2} \sqrt{\frac{aA'}{\gamma l L'}} \cdot K,$$

woraus erhellt, daß dieses Maximum von  $S$  variirt geradezu wie die Quadratwurzel aus  $a$  und  $A'$ , und umgekehrt wie die Quadratwurzel aus  $l$  und  $L'$ .

Der Universitätsmechanikus Backman hat für das physikalische Kabinett in Upsala einen thermo-elektrischen Apparat von folgender Construction angefertigt. Die Multiplication im Galvanometer ist bewerkstelligt durch vierkantige Kupferstäbe, die vier Umgänge bilden, jeden von 18 Centimet. Länge; die Stäbe haben eine gemeinschaftliche Höhe von 0,67 Centimet. und 0,78 Breite. Der horizontale Abstand zwischen denselben ist = 0,05 Centim., mit Ausnahme des zwischen den beiden mittleren, der grösser ist, um die astatische Nadel hindurchführen zu können. Die beiden Enden der Kupferstäbe laufen an einer und derselben Seite parallel mit einander aus, und endigen in cylindrischen Zapfen, um an die andern Theile des Apparats festgeschraubt werden zu können. Der untere Theil eines jeden Kupfer-Umgangs ist eingelassen in ein cylindrisches Holzstück, das um eine Axe drehbar ist, um die Magnetnadel auf den Nullpunkt des Limbus einstellen zu können. Der Limbus ist mit Taft gefüttert und durch weiches Wachs unmittelbar auf den Kupferstäben befestigt; auf diesen, wie auf dem Limbus, ist eine Marke befindlich, um letzteren immer an derselben Stelle zu befestigen. Alle übrigen Theile sind dem beim gewöhnlichen Galvanometer gleich.

Den anderen Theil des Apparats zeigt die Fig. 5 Taf. II in senkrechtem Durchschnitt. Die Säule besteht aus drei Wismuth- und drei Antimonstäben, deren Länge  $AB = ab = 3,9$  Centim., Breite 2,8, Dicke 0,4 und gegenseitiger Abstand = 0,1 beträgt. Bei  $B$  und  $b$  sind Kupferstangen  $BCDE$  und  $bcde$  festgelöthet; diese sind vierkantig, ausser zwischen  $D$  und  $E$ , so wie zwi-

schen  $d$  und  $e$ , wo sie runde cylindrische Zapfen bilden, um in den senkrechten Stützen  $FG$  und  $fg$  unter verschiedenen Neigungen gegen den Horizont festgeschraubt werden zu können. Die Säule ist wie gewöhnlich durch eingegossenes Harz in dem Messingrohr  $Hhkk$  befestigt, und auf letzterem der Reflector  $HMNmh$  und der Cylinder  $KLlk$  festgeschraubt, der erste bei  $Nn$ , der andere bei  $Ll$  versehen mit einem Deckel, welcher nach Belieben geöffnet oder verschlossen werden kann. Der Reflector kann auch gegen einen ähnlichen Cylinder wie  $KLlk$  vertauscht werden. Die Kupferstangen  $BC$  und  $bc$  sind mit Taffit bekleidet, um sie an metallischer Berührung mit dem Messing zu hindern. Bei  $G$  und  $g$  sind ferner zwei horizontale Kupferstäbe festgelöthet, die an ihren äußersten Enden horizontal durchbohrt und mit senkrechten Schrauben versehen sind, um das Galvanometer daran festschrauben zu können. Diese horizontal auslaufenden Kupferstangen sind unverrückbar in einer auf drei Stellschrauben ruhenden Holzscheibe befestigt.

Dieser Apparat übertrifft an Empfindlichkeit für strahlende Wärme bei weitem alle Thermo-Multiplicatoren, die ich gesehen habe. Hält man die Hand dicht vor dem Reflector, so entsteht durch deren strahlende Wärme eine Ablenkung der Magnetnadel von  $75^\circ$ . Stellt ein Mensch sich in 10 Fufs Abstand davor, so weicht die Nadel  $35^\circ$  ab. Bei diesen beiden Proben war die Temperatur des Zimmers  $17^\circ C$ . Diese außerordentliche Empfindlichkeit macht den Gebrauch des Apparates beschwerlich, da es, selbst bei Verschließung beider Deckel  $Nn$  und  $Ll$ , schwierig ist, die Nadel auf den Nullpunkt zu bringen.

Nimmt man das Centimeter zur Einheit des Längenmaasses, so ist, wie sich durch Messung fand, für den eben beschriebenen Apparat  $\frac{L}{A} = 72,5$ . Wenn  $A = 100$  gesetzt wird, ist der berechnete galvanometrische Effect:

$$S = 1,64 \times K.$$



Die Durchschnittsfläche der ganzen Säule oder  $2a$  ist  $= (2,8)^2 = 7,84$ ; und ferner  $A' = 4 \times 0,67 \times 0,78$ ;  $\delta = 0,1$ ;  $\delta' = 0,05$ ;  $L' = 18$ ;  $l = 3,9$ . Wollte man aus diesen Angaben die vortheilhaftesten Werthe von  $m$  und  $n$  aufsuchen, so müßte es mittelst der Gleichungen (5) und (6) geschehen. Durch Substitution in (7) und (8) erhält man:  
 $2,461 n'^2 + 0,1375 m'^2 = 145$   
 $49,74 n'^2 = 8,61 m'^2$ ,  
woraus:  
 $m' = 7,7$ ;  $N = 0,864 m$ ;  $C = 1,889$   
 $n' = 3,2$ ;  $M = 0,893$ ;  $D = 1,919$ ,  
und endlich:  
 $m = 7,2$ ;  $n = 2,9$   
oder, weil  $m$  und  $n$  ganze Zahlen seyn müssen:  
 $m = 7$ ;  $n = 3$ ,  
der entsprechende galvanometrische Effect ist:  
 $S = 1,975 K$ .

Der oben beschriebene thermo-elektrische Apparat giebt also fünf Sechstel des größt möglichen Effects, welcher bei dessen Dimensionen erreichbar ist.

### VIII. Ueber den Leitungswiderstand des menschlichen Körpers gegen galvanische Ströme; von E. Lenz.

(Hergeleitet aus Versuchen des Hrn. Pischelnikoff, Gehülfen am physikalischen Cabinet der St. Petersburger Academie. — *Bullet. de l'acad. de St. Petersb. T. X p. 184.*)

Schon vor zwei Jahren hatte ich eine Reihe von Versuchen über den Leitungswiderstand des menschlichen Körpers gegen magneto-elektrische Ströme begonnen und mich zur Erregung der Ströme einer Clarke'schen mag-

neto-elektrischen Maschine mit den für physiologische Wirkungen nöthigen Spiralen aus dünnem Drahte bedient. Es wurde deshalb an dem Anker eine einfache Vorrichtung angebracht, so daß er sich nur um  $90^\circ$  drehen konnte, und zwar aus der *horizontalen* Lage, wo in ihm der stärkste Magnetismus erregt ist, in die *verticale*, wo der Anker seinen Magnetismus gänzlich, oder fast ganz verlor. Es war für meinen Zweck gleichgültig, ob dieser Verlust ein gänzlicher war oder nicht, und es kam nur darauf an, daß der Magnetismus des Ankers bei der Drehung aus einer Gränzlage in die andere um eine und dieselbe Differenz bei allen Versuchen variirte, was stattfinden muß, wenn nur die beiden Gränzlagen immer genau dieselben waren; dieses wurde dadurch erreicht, daß der Anker in diesen beiden Lagen an zwei Flächen eines massiven viereckigen kupfernen Parallelepipeds anschlug. Da mein Gehülfe, der Lehrer der Physik an dem hiesigen pädagogischen Hauptinstitut, Hr. Ptschelnikof, sich seit geraumer Zeit mit dem Beobachten magneto-elektrischer Ablenkungen nach meiner, schon öfters bekannt gemachten, Methode beschäftigt hatte, so überliefs ich ihm die eben erst begonnene Arbeit zur völligen Durchführung; er hat ihre Bearbeitung zum Gegenstand einer Dissertation gewählt, die er in russischer Sprache zur Erlangung der Würde eines Magisters der mathematischen Wissenschaften abgefaßt hat, und es sind, außer einigen Zusätzen aus meinen früheren Beobachtungen, die in jener Dissertation niedergelegten Resultate, die ich hiermit dem wissenschaftlichen Publicum des Auslandes mittheile, indem ich nur in den daraus gezogenen Schlüssen zum Theil von dem Verfasser jener Dissertation abweiche.

Die Beobachtungsmethode war genau die in meinen früheren Abhandlungen beschriebene: es wurde die elektromotorische Spirale des Clark'e'schen Apparats mit dem Nobili'schen Multiplicator in Verbindung gesetzt, der

in einer Entfernung von 18 Fuß stand, so daß der Hufeisenmagnet nicht mehr unmittelbar auf die Magnetnadeln des Multiplicators einwirken konnte. Die Ablenkungen der Nadel, durch einen Spiegel horizontal reflectirt, wurden aus dieser Entfernung von 18 Fuß mit einem Fernrohr beobachtet. Jeder Versuch erforderte vier Ablenkungen der Nadel, nach beiden Seiten und an beiden Enden der Nadel, wobei die Ablenkungen nach beiden Seiten einmal durch Drehung des Ankers aus der verticalen in die horizontale Lage, das andere Mal aus der horizontalen in die verticale Lage bewirkt wurden. Jede der im Folgenden mitzutheilenden Ablenkungszahlen ist daher das Mittel aus vier Zahlen, wobei die Genauigkeit jeder der Ablesungen  $0^{\circ},1$  beträgt.

Wenn nun der Leitungswiderstand des menschlichen Körpers bestimmt werden sollte, so wurde die Kette auf folgende Weise gebildet: Zwei Gefäße, *A* und *B*, wurden mit einer leitenden Flüssigkeit gefüllt; *A* war mit einem Ende der Clarke'schen Spirale durch einen kurzen und dicken Kupferdraht verbunden, der in die Flüssigkeit tauchte, und dessen geringer Leitungswiderstand gegen die lange Spirale aus dünnem Draht durchaus als verschwindend betrachtet werden konnte; *B* dagegen ward mit einem der Zuleitungsdrähte des Multiplicators (ebenfals durch Eintauchen des letzteren) verbunden, während der andere Zuleitungsdraht mit dem anderen Ende des elektromotorischen Drahts in metallischer Verbindung stand. Wenn nun der Mensch, dessen Leitungswiderstand gegen den galvanischen Strom ermittelt werden sollte, einen Theil seines Körpers in *A*, einen anderen in *B* eintauchte, so schloß er damit die Kette, und der beim Drehen des Ankers erregte magneto - elektrische Strom theilte sich durch den menschlichen Körper hin durch dem Multiplicator mit.

Es wurde nun folgendermaßen verfahren: Zuerst wurde die Ablenkung (als Mittel aus den vier Ablesun-

gen) bestimmt, wenn die Zwischendrähte des Multipliers unmittelbar mit der elektromotorischen Spirale verbunden waren, dann eine zweite Ablenkung (wiederum das Mittel aus vier Ablesungen), wenn der menschliche Körper mittelst der Gefäße *A* und *B* die Kette schloß, endlich eine dritte Ablenkung bei alleiniger Schließung der Kette durch den Multiplikator, wie im Anfang. Aus den Ablenkungen 1 und 3 wurde dann das Mittel genommen, und dieses mit der entsprechenden Ablenkung 2 verglichen.

Zur Berechnung des Leitungswiderstandes des menschlichen Körpers diene dann die von mir schon oft angewendete und leicht abzuleitende Formel:

$$\lambda = L \cdot \left( \frac{\sin \frac{1}{2} \alpha}{\sin \frac{1}{2} \alpha'} - 1 \right),$$

wo  $\alpha$  und  $\alpha'$  die Ablenkungen ohne und mit Einschaltung des Körpers,  $L$  aber die Summe der Widerstände des elektromotorischen Drahts, des Multipliers und der Zuleitungsdrähte bedeuten.

Ich werde vorläufig die Widerstände auf den Widerstand  $L$ , als Einheit, beziehen, und später die Beobachtungen zur Ermittlung von  $L$  mittheilen, mit welcher Zahl dann die jetzt mitzutheilenden Zahlen nur zu multipliciren sind. Vorläufig also werde ich mich der Formel

$$\lambda = \frac{\sin \frac{1}{2} \alpha}{\sin \frac{1}{2} \alpha'} - 1$$

bedienen.

Die folgenden Versuche sind mit sechs Personen angestellt worden, die mit *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* bezeichnet werden sollen, und über die Folgendes zu bemerken ist: *A*, *B*, *C* waren Männer 43, 35, 29 Jahr alt, *A* aus der körperlich arbeitenden Klasse, *B* und *C* aus den höheren Ständen, *D* war ein Knabe von 7 Jahren, *E* ein Mädchen von 19 und *F* ein junger Mensch von 17 Jahren. Wenn es in dem Folgenden heisst: „1 Finger“, so soll das bedeuten, daß ein Finger einer Hand, und

zwar

zwar der Zeigefinger, in das eine Gefäß *A* und der gleichnamige Finger der anderen Hand in das andere Gefäß *B* ganz eingetaucht waren; bei »2 Fingern« waren von jeder Hand der Zeigefinger und der Mittelfinger, bei »4 Fingern« waren 4, ohne den Daumen, ganz eingetaucht. Die ganze Hand ward immer bis an das Handgelenk versenkt.

Zuvörderst zeigte ein vorläufiger Versuch, daß es gleichgültig war, ob der eingetauchte Theil sich in der Nähe des in die Flüssigkeit getauchten Zuleitungsdrahts befand, ja ihn berührte, oder so weit als möglich von ihm entfernt war, indem dieses nur Unterschiede in der Ablenkung von weniger als  $\frac{1}{10}$  Grad hervorbrachte. Es ist dies ein Beweis, daß der Leitungswiderstand der Flüssigkeit nur einen sehr unbedeutenden Theil des übrigen Leitungswiderstandes betrug, was auch aus dem Folgenden noch deutlicher werden wird.

Es folgen nun zuerst die Versuche mit den Personen *A*, *B*, *C*, bei welchen zur leitenden Flüssigkeit verdünnte Schwefelsäure (auf 100 Th. Newawasser 1 Th. nach Volum gewöhnlichen Vitriolöls) angewendet ward. Die gewonnenen Resultate sind die folgenden:

Leitungswiderstände.

Tab. I.

Bezeichnung der Personen.	1 Finger.	2 Finger.	4 Finger.	Ganze Hand.
Mann <i>A</i>	34,09	19,20	9,10	6,06
Mann <i>B</i>	35,92	18,55	(12,03)?	6,72
Mann <i>C</i>				6,44

Aus diesen Resultaten ergibt sich zuvörderst, von wie großem Einfluß auf den Widerstand die Oberfläche des eingetauchten Theils des Körpers ist. Der Widerstand ist für die 4 Finger fast der eingetauchten Fläche umgekehrt proportional, nur der Widerstand für 4 Fin-



Körpers ein Widerstand des Ueberganges aus der Flüssigkeit in den Körper und umgekehrt sey, dafs die Ursache davon also in der Oberhaut gesucht werden müsse, welches noch deutlicher durch den dritten Versuch bewiesen wird, wo eine zufällige kleine Schramme der Hand, welche die Oberhaut durchdrang, den Widerstand unter sonst gleichen Umständen von 6,06 auf 4,81 herunterbrachte.

Endlich wurde noch der Widerstand von *A* für die beiden Fälle bestimmt, wo er 4 Finger jeder Hand in trocknes Quecksilber, statt in Wasser, tauchte, und wo er mit befeuchteten Händen die Messinghalter, welche der Clarke'schen Maschine beigegeben sind, fafste; es ergab sich:

für's Eintauchen in Quecksilber. Leitungswi-  
derstand . . . . . = 11,93  
beim Anfassen der Messinghalter . . . . . = 8,61

Die Vergleichung mit dem früheren Versuch, wo dieselbe Person ebenfalls 4 Finger in einprocentige Säure getaucht, und wofür sich der Widerstand 9,10 ergeben hatte, zeigt, dafs das Eintauchen in Quecksilber weniger vortheilhaft ist, wahrscheinlich weil es die Haut nicht benetzt wie die Säure.

Für die Personen *D*, *E*, *F*, d. h. für den Knaben, das junge Mädchen und den jungen Menschen, ergaben sich folgende Resultate, als sie die Verbindung der Kette durch Eintauchen der Finger in vierprocentige Säure bewirkten.

T a b. III.

Bezeichnung der Personen.	1 Finger.	2 Finger.	4 Finger.	Ganze Hand.
Knabe <i>D</i>	34,358			
Mädchen <i>E</i>	35,27	18,78	9,16	4,37
Jüngling <i>F</i>	38,06	20,16	9,06	5,84

Um diese Resultate mit denen für die Personen *A*, *B*, *C* vergleichen zu können, müssen wir nicht vergessen, daß *A*, *B*, *C* die Hände in einprocentige Säure, diese aber in vierprocentige tauchten. Aus der Tabelle II findet man aber, daß für die Person *A* das Verhältniß der Leitungswiderstände beim Eintauchen in einprocentige und in vierprocentige Säure das folgende ist:

für 1 Finger	1,49
2	1,49
4	1,46
ganze Hand	1,39.

Setzen wir voraus, daß dasselbe Verhältniß auch für die Personen *D*, *E*, *F* stattfinde, so ergeben sich die Leitungswiderstände dieser Person für einprocentige Säure wie folgt:

Tabelle IV.

	1 Finger.	2 Finger.	4 Finger.	Ganze Hand.
<i>D</i>	51,19			
<i>E</i>	52,55	28,00	13,37	6,91
<i>F</i>	56,61	30,14	13,23	8,12

Hieraus ergibt sich, daß die Leitungswiderstände dieser jüngeren Personen bedeutend größer sind, als die der älteren Personen *A*, *B*, *C*. Woher dieses rühre, kann ich nicht bestimmen; ich will nur bemerken, daß der Unterschied am geringsten wird, wenn die ganze Hand eingetaucht ist, wo der Leitungswiderstand beim jungen Mädchen *E* fast eben so groß ist als bei den Männern *A* und *B*.

Nachdem auf diese Weise die Leitungswiderstände verschiedener Personen mit einander verglichen worden waren, wurden besondere Versuchsreihen angestellt, um zu ermitteln, wie diese Widerstände bei einer Person davon abhängen, durch welche Glieder der Strom geleitet wurde. Zu dem Ende wurden die Personen *A* und



*C* dem Versuche unterworfen. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle bezeichnet, wo die bezeichneten Glieder jedesmal ganz eingetaucht wurden:

Tab. V.

	<i>A.</i>	<i>C.</i>
beide Hände . . . . .	5,42	5,03
rechter Fuß, linke Hand	5,35	4,91
rechter Fuß, rechte Hand	5,62	5,44
linker Fuß, linke Hand	6,01	5,72
linker Fuß, rechte Hand	7,51	5,72
beide Füße . . . . .	5,45	5,14

Im Allgemeinen ist also der Leitungswiderstand für verschiedene Verbindungen nicht sehr verschieden, indessen ist es doch auffallend, daß bei den Verbindungen in der Diagonale, d. h. vom rechten Fuß zur linken Hand, oder vom linken Fuß zur rechten Hand, der Widerstand bei beiden Personen von der rechten Hand zum linken Fuß größer ist, als von der linken Hand zum rechten Fuß, für *A* im Verhältniß von 1,40 : 1, für *B* im Verhältniß von 1,19 : 1. Um zu untersuchen, ob die Ursache in der Hand zu suchen sey, wurde die Brust mit einer befeuchteten kreisförmigen Kupferplatte von 2 Zoll Durchmesser armirt, und dann der Strom von hier entweder zur rechten oder linken Hand, die dabei ganz eingetaucht wurden, hindurchgelassen. Es ergab sich hierbei der Widerstand zur rechten Hand = 9,217, zur linken = 8,773, was allerdings auf einen größeren Widerstand der rechten Hand hinweist. Sollte vielleicht der größere Gebrauch der rechten Hand die Ursache davon seyn?

Bisher waren alle Leitungswiderstände auf die Summe der Widerstände des Clarke'schen Apparats und den Multiplicatordraht, als Einheit, bezogen worden; es blieb nun noch übrig, diesen Widerstand auf eine allen zugängliche Einheit zu reduciren. Hierzu wurde ein hun-

dertfüßiger Kupferdraht von 0<sup>mm</sup>,6 Dicke gewählt, der bei allen Leitungswiderständen als Normaldraht diente und mit hundert bezeichnet wird, so daß 1 Fuß dieses Drahts unsere Einheit ist. Er konnte aber unmittelbar nicht mit dem Clarke'schen Apparat gebraucht werden, weil sein Widerstand gegen den der dünnen Drahtspiralen dieses Apparats so unbedeutend war, daß seine Einschaltung in die Kette gar keinen Unterschied in der Ablenkung hervorbrachte. Es wurde daher ein Hilfsdraht gewählt, der in der Mitte zwischen beiden stand, und dessen Widerstand gegen den elektromotorischen Draht der Clarke'schen Maschine zuerst ermittelt wurde, dann aber mit einer andern elektromotorischen Spirale sein Widerstand in Vergleich mit dem des Normaldrahtes. Auf diese Weise ergab sich der Widerstand der mit der Clarke'schen Spirale gebildeten Kette gegen den Normaldraht:

$$= 15767,2,$$

oder gegen einen Kupferdraht von 1<sup>mm</sup> Dicke:

$$= 43795.$$

Mit dieser Zahl muß man folglich unsere obigen Leitungswiderstände multipliciren, wenn man sie in dieser Einheit ausdrücken will.

Man erhält dann für das Eintauchen der ganzen Hand, wenn man das Mittel der verschiedenen Personen nimmt, folgende Leitungswiderstände:

T a b. VI.

	russ. Fuß <sup>1)</sup> .	VVerst.
beim Eintauchen der ganzen Hand in einprocentige Säure . . . . .	300010	86
beim Eintauchen von 4 Fingern in Quecksilber . . . . .	522460	149
beim Anfassen der befeuchteten mes- singenen Handhaben des Clarke'- schen Apparats . . . . .	377950	108

1) Gleich engl. Fuß.

Pouillet giebt in den *Comptes rendus hebdom.* 1837, „p. 792 an <sup>1)</sup>, daß der Widerstand des menschlichen Körpers, wenn beide Hände befeuchtet in Quecksilber getaucht wurden, 11 Lieues eines Kupferdrahts von 1<sup>mm</sup> Dicke betrage; dieses macht nahezu 46 Werst, ist also nur halb so viel, als wir im Obigen angegeben finden, wenn die befeuchteten Hände in verdünnte Säure von ein Procent tauchten; allein der Unterschied kann leicht von einer verschiedenen Benetzung der eingetauchten Hände herrühren; wenn wir z. B. die Benetzung von vierprocentiger Säure genommen hätten, so hätte sich uns ein Widerstand von etwa 61 Werst, statt 86 ergeben.

In dem Obigen ist von dem menschlichen Körper, als bloßem Leiter der magneto-elektrischen Ströme die Rede gewesen, ohne Rücksicht auf die Wirkungen, die die hindurchgeleiteten Ströme in demselben hervorbringen. Allein Hr. Ptschelnikoff hat bei seinen Versuchen auch immer auf die größere oder geringere Heftigkeit der Erschütterungen, die durch die Ströme erregt werden, sein Augenmerk gerichtet. Wir wollen nun sehen, welche Folgerungen in Bezug hierauf sich aus seinen Versuchen ziehen lassen.

Eine zuvörderst sich uns darbietende Frage ist die, ob die Heftigkeit der Erschütterungen des Nervensystemes, die bei verschiedenen Personen so verschieden ist, von den verschiedenen Leitungswiderständen bedingt wird, welche die Körper verschiedener Personen dem Strome darbieten, oder ob diese Verschiedenheit der Wirkung galvanischer Ströme in verschiedener *Reizbarkeit* der verschiedenen Individuen ihren Grund habe. Wäre Ersteres der Fall, so müßte die Stärke der Erschütterung mit den Leitungswiderständen der Individuen in umgekehrtem Verhältnisse stehen, in letzterem Fall aber müßte

1) Vergl. *Annal* Bd. XXXII S. 305.

keine Abhängigkeit der Reizbarkeit mit den Widerständen wahrzunehmen seyn. Die Versuche haben das letztere erwiesen, und man muß demnach die Verschiedenheit in dem Grade der Empfindlichkeit verschiedener Individuen für den galvanischen Strom einer verschiedenen Reizbarkeit ihres Nervensystems zuschreiben. In der That erhalten wir folgende Vergleichung zwischen der Stärke der von den verschiedenen Personen durchgelassenen Ströme und der Affection ihrer Nerven, wenn jede Hand bis zum Gelenk in die Flüssigkeit getaucht war.

Reihenfolge der Individuen nach ihrer weniger oder mehr heftigen Empfindung, von den weniger heftigen beginnend.

*B, F, A, C, E.*

Reihenfolge der Stärke der hierbei ihren Körper durchdringenden Ströme, von den geringeren Strömen beginnend:

*F, E, B, C, A.*

Bei ein und demselben Individuum war die Erschütterung heftiger, wenn der Anker aus der verticalen in die horizontale Lage gedreht wurde, und schwächer, wenn die Drehung in umgekehrter Ordnung geschah. Die Ursache hiervon ist, daß bei der ersten Drehung der Strom in dem ersten Moment beim Beginn der Drehung heftiger ist, als beim Beendigen derselben; dagegen bei der Drehung aus der horizontalen Lage in die verticale beginnt der Strom schwach und endigt stark; dieses rührt aber daher, weil die Aenderungen des Magnetismus im Anker am stärksten sind in der Nähe der verticalen Stellung des Ankers, am schwächsten aber bei der horizontalen Lage.

Endlich hat sich auch gezeigt, daß die Empfindung heftiger war an derjenigen Stelle, wo der Strom in den Körper eintrat, also gegen die Verzweigung der Nerven gerichtet war, und schwächer in dem Theil, wo der Strom

austrat, also mit den Nerven sich verzweigte, eine Erfahrung die auch anderweitig schon bekannt ist.

**IX. Ein neues Instrument zur Messung der magnetischen Neigung und deren Veränderungen;  
von Hrn. Humphry Lloyd.**

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Proceedings of the Royal Irish Academy*.)

Um Alles auf die erdmagnetische Kraft Bezügliche für einen gegebenen Ort zu kennen, muß die Beobachtung die Werthe dreier Elemente liefern. Die, welche sich natürlich zur unmittelbaren Bestimmung darbieten, sind: die *Intensität* der Kraft und die beiden Winkel (*Declination* und *Inclination*), welche deren Richtung bedingen. Diese lassen sich jedoch ersetzen durch irgend ein anderes System von Elementen, welche mit ihnen in bekannten Beziehungen stehen. So hat man bisher vorgezogen, die *Declination* und die beiden *Componenten* (die horizontale und die verticale) der *Intensität* zu beobachten; und im Allgemeinen sind die Hauptbetrachtungen, die uns bei der Auswahl leiten müssen: die Genauigkeit der beobachteten Resultate und die Leichtigkeit ihrer Bestimmung.

Unter diesem Gesichtspunkt lassen die *Declination* und die *horizontale Componente der Intensität* nichts zu wünschen übrig, da ihre Bestimmung jetzt auf einen Grad von Genauigkeit gebracht ist, der kaum, wenn gar, dem der astronomischen Messungen nachsteht. Diefß läßt sich jedoch vom dritten Element, so wie man es bisher beobachtet, nicht sagen. In dem Dubliner magnetischen Observatorium und in den seitdem auf Befehl der Regierung und der ostindischen Compagnie errichteten Observa-

torien ist als drittes Element zur Beobachtung die *verticale Componente der Intensität* gewählt worden. Das Instrument zur Messung derselben ist bereits zur Kenntniss der Academie gebracht. Das Princip desselben besteht, wie man sich erinnern wird, darin, dass man die verticale Componente der magnetischen Kraft durch ein befestigtes Gewicht balancirt und die Aenderungen der Gleichgewichtslage unter der Wirkung der ändernden Kraft beobachtet. So untadelhaft dießs Princip in der Theorie ist, so entsprach doch die Genauigkeit der Resultate nicht der der beiden anderen Instrumente, und zwar wegen des großen Einflusses, den ein unvermeidlicher Fehler der Arbeitschaft nothwendig auf die Gleichgewichtslage eines von einer festen Axe getragenen Magnets ausüben muß. Man hat gezeigt, dass der Effect der Magnetisirung eines Stabes unter den vortheilhaftesten Umständen der Gestalt und an einem Ort auf der Erde, wo die verticale Componente der magnetischen Kraft am größten ist, sich in Bezug auf dessen Gleichgewichtslage so macht, wie wenn sein Schwerpunkt um den 40sten Theil eines Zolls nach dem Nordende geschoben wäre; so dass das Moment der Kraft, welche die verticale Componente des Erdmagnetismus ausübt, niemals beträchtlicher seyn kann als diese kleine Gröfse, multiplicirt mit dem Gewicht des Stabes. Um nun die Resultate dieses Instruments vergleichbar zu machen mit denen des Horizontalkraft-Magnetometers, müßte es uns erlauben, Aenderungen in der Vertikalkraft zum Betrage von  $\frac{1}{100000}$  des Ganzen zu messen, d. h. wir hätten Effecte zu messen wie sie erzeugt werden würden durch Verschiebung des Schwerpunkts um *ein Milliontel eines Zolls*. Hieraus wird leicht ersichtlich seyn, wie groß der Einfluss von kleinen Störungen der relativen Theile des Instruments oder von Ungleichheiten der Auflegepunkte der Axe seyn müsse. Auch hat die Erfahrung gezeigt, dass es zur Bestimmung von Veränderungen einer langen Periode ganz untauglich ist.

Dieselben Schwierigkeiten und aus derselben Quelle herstammend, haften an der gewöhnlichen Beobachtungsmethode der *magnetischen Inclination* und deren Aenderungen, wie vollkommen auch die Construction des Instrumentes seyn mag. Und in der That dieselben Fehlerquellen scheinen jedem directen Verfahren zur Bestimmung des dritten Elements inzuwohnen, und nur durch eine *indirecte* Methode steht zu hoffen, daß wir sie vermeiden <sup>1)</sup>. Von dieser Art ist die nun vorzuschlagende.

Wenn ein völlig unmagnetischer Stab von weichem Eisen in senkrechte Stellung gebracht wird, so wird er unter der vertheilenden (*inducing*) Wirkung der erdmagnetischen Kraft sogleich ein temporärer Magnet, sein unteres Ende ein Nordpol, sein oberes ein Südpol. Wenn nun ein frei und horizontal aufgehängter Magnet, von kleinen Dimensionen im Vergleich zu denen des Stabes, diesem genähert wird, in einer durch den einen seiner Pole gehenden Ebene, so wird er vom magnetischen Meridian abgelenkt. Die ablenkende Kraft ist die in dem Stabe durch Vertheilung erregte (*induced*) Kraft, welche als proportional betrachtet werden kann der Stärke der vertheilenden Ursache, d. h. der *verticalen Componente* des Erdmagnetismus; während die gegenwirkende Kraft die *horizontale Componente* desselben ist, die direct auf den Magnet wirkt, um ihn in den magnetischen Meridian zurückzuführen. Sonach wird der Magnet unter der Wirkung dieser widerstrebenden Kräfte eine Gleichgewichtslage annehmen, und diese Lage wird dazu dienen das Verhältniß der beiden Kräfte zu bestimmen. Wenn die gerade Linie, welche den Mittelpunkt des horizonta-

- 1) Zwei solche indirecte Methoden zur Bestimmung der Inclination sind in Deutschland vorgeschlagen worden, die eine von den Proff. Gauss und Weber, die andere vom Dr. Sartorius von Waltershausen. Die hier vorgeschlagene ist im Princip der ersten von diesen sehr analog, weicht jedoch nicht bloß in den angewandten Mitteln, sondern auch in dem Zweck von ihr ab, indem die vorliegende Methode die Bestimmungen der Aenderungen der Inclination zum Hauptgegenstand hat.

len Magnets mit dem wirkenden Pol des Stabes verbindet, senkrecht ist auf dem magnetischen Meridian, so wird die Tangente des Ablenkungswinkels ein Maafs des Verhältnisses der beiden Kräfte seyn, und deshalb proportional der *Tangente der magnetischen Inclination*. Beobachtet man also die Veränderungen der Lage des horizontalen Magnets unter diesen Umständen, so kann man daraus die Inclination ableiten.

Allein der Eisenstab kann (und, im Allgemeinen, wird) einen gewissen Grad von *permanentem* Magnetismus besitzen, welcher mit dem durch Vertheilung erregten zur Erzeugung der Ablenkung beiträgt; und daher ist es nothwendig, die Beobachtungen so anzustellen, dafs man die Effecte dieser fremdartigen Ursache eliminiren könne. Zu dem Ende braucht man nur den Stab umzukehren, so dafs der wirkende Pol, welcher bei einem Theil der Beobachtung oben war, bei dem andern unten ist. Die durch Vertheilung erregte Polarität wird in den beiden Fällen entgegengesetzt seyn, und folglich die wirkende Kraft in dem einen Fall die *Summe*, und in dem andern der *Unterschied* der *temporären* und der *permanenten* Kraft.

Es sey  $X$  und  $Y$  die horizontale und verticale Componente der erdmagnetischen Kraft,  $M$  die Intensität des permanenten Magnetismus des wirkenden Pols, und  $m$  das magnetische Moment des aufgehängten Magneten. Die Intensität des durch Vertheilung erregten Magnetismus ist, zufolge der Hypothese, gleich:

$$kY,$$

worin  $k$  eine unbekannte Constante; und wenn dieser Magnetismus gleichnamig ist mit dem permanenten, so ist die Intensität der wirkenden Kraft, in der Einheit der Entfernung:

$$kY + M.$$

Demgemäfs ist das Moment dieser Kraft zur Drehung



des aufgehängten Magnets  $= (kY + M)mr \cos u$ , worin  $u$  der Ablenkungswinkel und  $r$  eine von der Entfernung abhängige Constante ist; oder, wenn, Kürze halber,  $kr = p$ ,  $Mr = q$  gesetzt wird:

$$(pY + q)m \cos u.$$

Allein dieser ablenkenden Kraft entgegen wirkt die horizontale Erdkraft, deren Moment zum Drehen des Magnets ist:

$$Xm \sin u,$$

und der Magnet wird ruhen, wenn diese Momente gleich sind. Mithin ist die Gleichung für das Gleichgewicht:

$$pY + q = X \tan u \dots \dots \dots (1)$$

Durch ähnliche Schlussfolgerung ergibt sich, wenn der temporäre und der permanente Magnetismus ungleichnamig sind, dafs:

$$pY - q = X \tan u' \dots \dots \dots (2)$$

worin  $u'$  der neue, nach Umkehrung des Stabes stattfindende Ablenkungswinkel ist. Addirt man diese Gleichungen, und erwägt, dafs  $Y = X \tan \vartheta$ , wo  $\vartheta$  die Inclination, so hat man:

$$2p \tan \vartheta = \tan u + \tan u' \dots \dots \dots (3)$$

Diese Gleichung würde die gesuchte Inclination liefern, sobald man den Werth der Constanten  $k$  kennte. Um diesen zu bestimmen, braucht man nur den Eisenstab *horizontal* in den magnetischen Meridian zu legen, so, dafs der wirkende Pol zwar in der früheren Lage bleibt, aber abwechselnd gegen Norden und Süden gerichtet ist. In diesem Fall ist die vertheilende Kraft die *horizontale Componente* des Erdmagnetismus; und leicht ersieht man, dafs die Gleichgewichtsgleichungen denen (1) und (2) ähnlich sind, nur  $X$  statt  $Y$  darin zu setzen ist. Bezeichnet also  $\nu$  und  $\nu'$  die Ablenkungswinkel für diese Lagen, so haben wir:

$$2p = \tan \nu + \tan \nu' \dots \dots \dots (4)$$

und Gleichung (3) durch diese dividirend:

$$\tan \vartheta = \frac{\tan u + \tan u'}{\tan \nu + \tan \nu'} \dots \dots \dots (5)$$

Somit erhalten wir also die Inclination aus den Ablenkungen bei diesen vier Lagen des Stabes.

Um die *Veränderungen* der Inclination zu bestimmen, ist es nicht nothwendig die Ablenkungen bei der horizontalen Lage des Stabes zu beobachten. Man differenzire die Gleichung (1), in Bezug auf  $X$ ,  $Y$  und  $u$ , und dividire die erfolgende Gleichung durch (3). Man erhält dadurch die nachstehende Gleichung, aus welcher sowohl  $p$  als  $q$  eliminirt ist:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{2\Delta u}{\cos^2 u (\tan u + \tan u')} + \frac{2 \tan u}{\tan u + \tan u'} \cdot \frac{\Delta X}{X}.$$

Da aber  $Y = X \tan \vartheta$ , so hat man:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta \vartheta}{\sin \vartheta \cos \vartheta}$$

und dieses substituierend:

$$\frac{\Delta \vartheta}{\sin 2\vartheta} = \frac{\cos u' \Delta u}{\cos u \sin(u+u')} + \frac{\sin(u-u') \Delta X}{\sin(u+u') X} \quad (6)$$

Das zweite Glied der rechten Hälfte dieser Gleichung enthält eine nöthige Berichtigung für die gleichzeitigen Veränderungen der horizontalen Intensität; allein diese Berichtigung wird gemeiniglich klein seyn, und, wenn der Stab keinen permanenten Magnetismus besitzt, gänzlich verschwinden. In der That ist dann, wie aus (1) und (2) erhellt,  $u' = u$ , so daß die vorhergehende Gleichung sich reducirt auf:

$$\Delta \vartheta = \frac{\sin 2\vartheta}{\sin 2u} \Delta u \dots \dots \dots (7)$$

Wir müssen erinnern, daß der Winkel  $u$  in dieser Gleichung die Abweichung des aufgehängten Magneten von der Lage ist, die er unter alleiniger Wirkung der Erde annehmen würde, die Veränderungen desselben also die *Unterschiede* zwischen den beobachteten Aenderungen der Lage des aufgehängten Magnets und den *entsprechenden Aenderungen der Declination* sind. Bezeichnet nun  $a$  die Abweichung des hängenden Magnets

von einer *festen Linie* und  $a'$  den entsprechenden Winkel, wenn der Eisenstab entfernt ist, so hat man:

$$u = a - a' \quad \Delta u = \Delta a - \Delta a'.$$

Allein  $\Delta a = kn$  und  $\Delta a' = k'n'$ , worin  $n$  und  $n'$  die respective den Winkeln  $\Delta a$  und  $\Delta a'$ , wie sie vom Declinometer angegeben werden, entsprechende Anzahl von Skalentheilen des Instruments, und  $k, k'$  die Winkelwerthe eines Skalentheils an jedem Instrument. Hieraus:

$$\Delta u = kn - k'n' \dots \dots \dots (8)$$

Ich will nun die Einrichtung des zu diesen Messungen angewandten Instruments beschreiben.

Der Magnet ist cylindrisch, ein Viertelzoll im Durchmesser und drei Zoll lang. An dem Bügel, durch welchen er aufgehängt ist, sitzt ein Spiegel, mittelst dessen die verschiedene Lage des Magneten nach der Gauß'schen Methode <sup>1)</sup> aus der Ferne durch ein Fernrohr beobachtet wird. Dieser Spiegel ist demnach vertical; und er ist drehbar um eine Vertical-Axe, mittelst welcher er in jede erwünschte Lage gegen das beobachtende Fernrohr gestellt werden kann. Der Spiegel ist kreisrund und hält drei Viertelzoll im Durchmesser. Der bewegliche Theil des Bügels, woran er befestigt ist, hat die Form eines Kreuzes. Mittelst drei Schrauben, nahe an den Enden der Arme des Kreuzes wird er vertical gestellt und durch die hervorragenden Köpfe der Schrauben gehalten. Durch Federn an seiner Rückseite wird der Spiegel mit diesen Köpfen in Berührung gehalten.

Die Büchse ist achtseitig; der Abstand zwischen zwei gegenüberstehenden Seiten beträgt vier Zoll, und der zwischen Deckel und Boden zwei Zoll. Deckel und Boden, so wie die verbindenden Stifte, sind von Kanonenmetall. Die acht Seiten sind durch bewegliche Stücke verschlossen, drei von Glas, die übrigen von Ebenholz. Auf dem Deckel sitzt ein aufrechtes Glasrohr, acht Zoll lang, welches den Hänge-Faden einschließt. Der Apparat zum Aufhängen oben an der Röhre ist von ge-

1) Vergleiche S. 371.

wöhnlicher Construction. Das kreisrunde Stück, an welchem er festsetzt, ist drehbar und auswendig von  $5^\circ$  zu  $5^\circ$  getheilt, um die Torsions-Wirkung des Fadens zu bestimmen.

Die Basis des Instruments ist ein Kreis von Kanonenmetall, sechs Zoll im Durchmesser, am Rande graduirt. Mit diesem Kreise ist die Büchse durch einen kurzen konischen Stift verbunden, und dieser bildet die Axe einer zweiten Platte, welcher auf der festen drehbar ist. Diese bewegliche Platte trägt zwei Verniere, durch welche der Drehungswinkel bis auf Minuten abgelesen werden kann. An dieser Platte sitzen zwei leicht gegen einander geneigte röhrenförmige Arme, und deren andere Enden sind verbunden mit einem Kreuzstück, welches, 18 Zoll vom Spiegel entfernt, eine kurze Skale trägt. Dieser Theil des Apparats dient zur Bestimmung der totalen Ablenkungswinkel.

Der weiche Eisenstab ist ein Cylinder, 12 Zoll lang und drei Viertelzoll im Durchmesser. Eins seiner Enden ist in einen hohlen Messingcylinder eingelassen; und dieser versehen mit einem horizontalen Stift, der sich in einem festen Fusse dreht. Die Axe dieses Stiftes liegt in der durch das Centrum des aufgehängten Magneten gehenden Linie, und ist senkrecht gegen den magnetischen Meridian, so daß also der Stab in der Ebene dieses Meridians drehbar ist. Die Axe des Stabes ist vom Mittelpunkt des Magneten etwa 5 Zoll entfernt, und der Stab ist so gestellt, daß der eine Pol in Richtung der Axe des Stiftes liegt, also während der Drehung des Stabes unbeweglich bleibt.

Die Aenderungen in der Lage des aufgehängten Magneten werden von weitem mittelst eines festen Fernrohrs und einer Skale beobachtet. Die Skale, deren Abtheilungen durch den Spiegel reflectirt werden, ist über dem Fernrohr nahe dem Oculare an dem Gestell befestigt.

Nach-

Nachdem ich das Princip und die Einrichtung dieses Instruments erläutert, bleibt nur noch übrig, die zum Behufe der Prüfung seiner Leistungen angestellten Beobachtungen zu beschreiben. Diejenigen in Betreff der *absoluten Declination* werde ich für jetzt übergehen, da sie bis jetzt nur approximative Resultate geliefert haben, und es mir noch nicht gelungen ist, die Fehler auf ihre Quelle zurückzuführen. Klar ist jedoch, daß ein Instrument ein gutes *Differential-Instrument* seyn kann, während es unfähig ist absolute Resultate zu liefern; und ich habe specielle Gründe, warum dieß gerade bei dem in Rede stehenden Apparat der Fall sey. Die Mangelhaftigkeit in letzter Beziehung, selbst wäre sie erwiesen, würde also kein Grund seyn, die Brauchbarkeit in erster zu bezweifeln.

Offenbar ist der Apparat gänzlich frei von den schon erwähnten Fehlerquellen bei den auf einer festen Axe sich drehenden Instrumenten; und der einzige Zweifel an seiner Leistung könnte nur die Veränderungen des in dem Eisenstab vertheilten Magnetismus betreffen. So könnte man vor dem Versuche fragen, ob ein solcher Stab allemal einen der vertheilenden Kraft proportionalen Betrag von freiem Magnetismus empfangt; — ob ferner sehr kleine Veränderungen in jener von entsprechenden Veränderungen in diesem begleitet werden; und ob endlich die so erzeugten Veränderungen augenblicklich seyen, oder wenigstens keine meßbare Zeit zu ihrer Entwicklung erfordern.

Bei den ersten Versuchen, welche ich zum Behufe der Entscheidung dieser Fragen anstellte, wurde der temporäre Magnetismus des Eisenstabes mittelst eines permanenten Magnetstabs geändert, der in der Verlängerung des Stabes, in einem bekannten Abstand von demselben lag. Nachdem die Wirkung auf die Lage des hängenden Magneten beobachtet worden, wurde der Abstand um einen bekannten Betrag geändert, eine neue Beob-

achtung gemacht, und so fort bei verschiedenen Abständen. Da das Gesetz der Wirkung des vertheilenden Magneten bekannt ist, so können die Veränderungen in der Ablenkung des hängenden Magneten, in der Annahme, daß die Aenderungen des vertheilten Magnetismus proportional seyen denen der vertheilenden Kraft, berechnet und dann mit den beobachteten Aenderungen der Ablenkung verglichen werden. Die berechneten und beobachteten Resultate vieler in dieser Weise angestellter Beobachtungen stimmten so nahe überein, als die Genauigkeit der Beobachtungen selbst es erlaubte.

Bei dieser Vergleichung ist es jedoch nöthig, die *directe* Wirkung des festen Magnets auf den hängenden in Betracht zu ziehen. Da der erstere Magnet mit seiner Axe nicht weit ist von der durch den Mittelpunkt des letzteren gehenden Verticale, so befolgt seine Wirkung auf diesen und auf den Eisenstab beinahe dasselbe Gesetz, so daß seine directen Einwirkungen auf die Lage des hängenden Magnets sehr nahe proportional sind denen die er durch Vermittlung der vertheilten Kraft des Stabes hervorbringt. Nach diesem Princip können die beobachteten Resultate annähernd von denjenigen Theilen der Veränderungen, die der Aufgabe fremd sind, befreit werden. Dennoch muß man einräumen, daß die Resultate durch eine solche Complication an Evidenz verlieren; daher war es denn wünschenswerth einen weniger tadelhaften Beweis zu erlangen.

Der Zweck, die vertheilende Wirkung nach einem bekannten Gesetz zu ändern, und die Aenderungen in der durch Vertheilung erregten Kraft an der Lage des hängenden Magneten zu beobachten, läßt sich offenbar erreichen, wenn bloß der Winkel des Eisenstabs mit der Richtung der erdmagnetischen Kraft verändert wird, unter ungeändertem Abstand eines seiner Pole von dem hängenden Magnet. In der That ist aus weiterer Verfolgung der früheren Schlüsse ersichtlich, daß wenn  $R$

die volle Kraft der Erde und  $\psi$  den Winkel zwischen ihrer und des Stabes Richtung bezeichnet, die Gleichgewichtsgleichung des hängenden Magneten ist:

$$p R \cos \psi + q = X \tan u,$$

vorausgesetzt, die Linie, welche den Pol des Stabes mit dem hängenden Magnet verbindet, sey wie zuvor senkrecht auf dem magnetischen Meridian. Wenn also der Stab keinen permanenten Magnetismus besitzt (oder  $q=0$ ), und die Kräfte  $R$  und  $X$  während der Versuche unverändert bleiben, so haben wir:

$$\tan u = a \cos \psi,$$

worin  $a$  eine Constante.

Um zu sehen, ob die Ablenkungen des hängenden Magnets diesem Gesetze gehorchten, wurde an dem Stück, auf welchem der Eisenstab sich bewegte, ein kleiner getheilter Kreis befestigt in solcher Weise, daß die Axe des ersteren durch den Mittelpunkt des letzteren ging. Da der Kreis befestigt und der Stab mit dem einen Vernier führenden Arm verbunden war, so vermochte man also den Winkel der Drehung des Stabes zu bestimmen. Die Ebene der Drehung lag im magnetischen Meridian, und die Neigung des Stabes gegen die Lothrechte wurde zwischen den successiven Beobachtungen der Lage des aufgehängten Magneten um  $5^\circ$  geändert. Die folgenden Tafeln enthalten die Resultate zweier solcher Beobachtungsreihen. Die erste Spalte in jeder giebt die Neigung des Stabes gegen die Verticale, die zweite, dessen Neigung gegen die Richtung der magnetischen Kraft, d. h. den ersten Winkel vergrößert um das Complement der magnetischen Neigung ( $19^\circ 10'$ ). Die dritte Spalte enthält die abgelesenen Skalentheile, entsprechend den Lagen des hängenden Magneten; die vierte die Unterschiede zwischen jeder dieser Ablesungen und der der senkrechten Stellung des Stabes entsprechenden Ablesung, ausgedrückt in Winkelmaaaß; die fünfte, die wirklichen Ablenkun-

gen; die sechste, die nach obiger Formel *berechneten* Ablenkungen; und die siebente, die Unterschiede.

Um die Zahlen der fünften Spalte aus denen der vierten ableiten zu können, muß man die der Senkrechtheit des Stabes entsprechende Ablenkung kennen. Dieser Winkel wird bestimmt, indem man den Stab senkrecht stellt, mit dem wirkenden Pol folgeweise oben und unten, und die Ablesungen am horizontalen Kreise macht, wenn derselbe Theilstrich der beweglichen Skale, reflectirt vom Spiegel, in Coïncidenz mit dem festen Faden des Fernrohrs gebracht ist. Die Unterschiede zwischen jeder dieser Ablesungen und der ähnlichen Ablesung nach Entfernung des Stabes sind das Doppelte der Ablesungen, die den beiden Stellungen des Stabes entsprechen; und wenn sie nahe gleich sind, kann das Mittel aus diesen Ablenkungen als herrührend von der vertheilten Kraft betrachtet werden.

#### Erste Beobachtung.

Wirkend. Stabende:	Südpol, Ables. = 14° 8'	Ablenk. = 17° 0'
-	Nordpol - = 82 51	- = 17 22
Stab fortgenommen	- = 48 7	Mittel = 17 11

Neigung geg. d. Senkrecht.	$\psi$ .	Skalen- theile.	Winkel- Untersch.	" beobacht.	" berechnet.	Unter- schied.
+14° 30'	33° 40'	2,2	-1° 56',2	15° 14',8	15° 14',5	+0',3
+10 0	29 10	13,2	-1 12,4	15 58,6	15 57,2	+1,4
+ 5 0	24 10	23,1	- 33,0	16 38,0	16 37,8	+0,2
0 0	19 10	31,4	0,0	17 11,0		
- 5 0	14 10	37,5	+ 24,3	17 35,3	17 36,7	-1,4
-10 0	9 10	42,8	+ 45,4	17 56,4	17 54,7	+1,7
-13 30	5 40	45,8	+ 57,3	18 8,3	18 2,7	+5,6

#### Zweite Beobachtung.

Wirkend. Stabende:	Südpol, Ables. = 14° 23'	Ablenk. = 16° 36'
-	Nordpol - = 82 15	- = 17 20
-	- = 47 35	Mittel = 16 58



Neigung geg. d. Senkrechte.	$\psi$ .	Skalen- theile.	Winkel- Untersch.	u. beobacht.	u. berechnet.	Unter- schied.
+15° 0'	34° 10'	2,6	-2° 1',8	14° 56',2	14° 57',8	-1',6
+10 0	29 10	14,4	-1 14,8	15 43,2	15 45,0	-1,8
+ 5 0	24 10	24,8	- 33,4	16 24,6	16 25,2	-0,6
0 0	19 10	33,2	0,0	16 58,0		
- 5 0	14 10	40,0	+ 27,1	17 25,1	17 23,3	+1,8

Zu den vorstehenden Beobachtungen wurde ein Fernrohr von schwacher Vergrößerungskraft angewandt, und der Bogenwerth jeder Abtheilung der Skale, die 18 Zoll vom Spiegel entfernt war, betrug 3',98. Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Resultaten übersteigen daher im Allgemeinen nicht den Betrag, den man billig den Beobachtungsfehlern zuschreiben kann. Die Uebereinstimmung genügt, als Thatsache festzustellen, daß die Veränderungen der durch Vertheilung erregten Kraft des Stabes, innerhalb der beobachteten Gränzen, proportional sind denen der vertheilenden Wirkung. Es ist auch wichtig zu bemerken, daß die in diesen Versuchen erzeugten Veränderungen jener temporären Kraft weit größer sind als jegliche, die aus Variationen der verticalen Componente des Erdmagnetismus entspringen könnten; und deshalb können diese Versuche als strenge Zeugen der Leistungen des Instruments angesehen werden.

Die vorstehenden Beobachtungen zeigten ferner, daß den Veränderungen in der vertheilenden Kraft *augenblicklich* ihre Wirkungen auf den hängenden Magnet folgen, so daß die Aenderungen der durch Vertheilung erregten Kraft keine merkbare Zeit zu ihrer Entfaltung bedürfen. Es blieb nur noch etwas vollkommener auszumitteln, in wiefern sehr kleine Aenderungen der wirkenden Kraft den magnetischen Zustand des Stabes zu ändern vermöchten. Zu dem Ende wurde die Neigung des Stabes gegen die Verticale von halbem zu halbem Grad geändert, und jedesmal die entsprechende Ablesung an der Skale gemacht. Der *mittlere* Unterschied der folgeweisen Ab-

lesungen zeigte sich sehr genau übereinstimmend mit dem berechneten Unterschied; während die *partiellen* Unterschiede nicht über die Gränzen der Beobachtungsfehler hinaus vom Mittel abweichen. Es läßt sich daher annehmen, daß die Aenderungen der durch Vertheilung in dem Eisenstab erregten Kraft stetig sind, und daß demgemäß die Empfindlichkeit des Instruments nur beschränkt ist durch die optische Kraft, welche zur Beobachtung der Aenderungen in der Lage des hängenden Magnets angewandt wird <sup>1)</sup>. Bei den oben beschriebenen Versuchen betrug der Winkelwerth der Skalentheile 3',98; durch Aenderungen, die ich seitdem mit dem abzulesenden Theil des Apparates vorgenommen habe, sind die Skalentheile nahe auf denselben Werth gebracht, den sie in dem Declinations-Messer besitzen, so daß die Ablesungen mit Sicherheit bis unter ein Zehntel einer Minute gemacht werden können. Gegenwärtig beträgt die Inclination zu Dublin etwa  $70^{\circ} 50'$ ; und da der Eisenstab in seiner actuellen Stellung die mittlere Ablenkung von etwa  $19^{\circ}$  hervorbringt, so folgt aus (7), daß die Aenderungen der Inclination sich sehr nahe mit demselben Genauigkeitsgrad ergeben als die beobachteten Aenderungen des Winkels.

Die letzte Probe, welcher das Instrument unterworfen ward, war: es, seiner Bestimmung gemäß, eine Zeit lang zu regelmässigen Beobachtungen von Inclinationsveränderungen anzuwenden, und zu sehen, in wiefern die mittleren Resultate mehrwöchentlicher Beobachtungen überein-

- 1) Gegen diesen Schluß spricht die Thatsache, daß beträchtliche Aenderungen in der temporären Kraft von einigen *permanenten* Polaritätsänderungen begleitet zu seyn scheinen; und man könnte annehmen, daß dasselbe in verhältnismässigem Grade stattfinde bei den kleinen Aenderungen, welche durch Variationen der Erdkraft hervorgebracht werden. Es ist Sache fernerer Untersuchungen, auszumitteln, wie weit solche permanente Aenderungen, wenn sie stattfinden, der Genauigkeit der Resultate schaden mögen.

stimmend das Gesetz der täglichen Variation darthun würden. Demgemäß wurde das Instrument fünf Wochen hinter einander, Tag und Nacht, jede zweite Stunde beobachtet und die Mittel berechnet, mit Ausnahme derjenigen Tage, an welchen die Reihe durch vorgenommene Ajustirungen unterbrochen ward. Die gegenwärtig der Academie vorgelegten Curven repräsentiren die Resultate der Beobachtungen aus jeder dieser Wochen, zusammen mit dem Mittel aus allen. Ein Blick auf dieselben zeigt genügend; daß die Curven der einzelnen Wochen mit einander und mit dem Mittel so nahe übereinstimmen, wie nur von den Resultaten so beschränkter Reihen erwartet werden kann. Die Abweichungen sind nur von der Art, wie sie aus den bekannten Unregelmäßigkeiten in der Richtung der erdmagnetischen Kraft hervorgehen.

---

X. *Ueber die plötzliche und vollkommene Entfernung der Anziehungskraft aus Elektromagneten; von Alexander.*

Prof. an der polytechnischen Schule in München.

---

**E**lektromagnete haben in wissenschaftlicher wie in practischer Beziehung gegenwärtig einen Grad von Wichtigkeit erlangt. Jede daran gemachte Beobachtung, die dazu beiträgt mit deren Natur und Wirkungsweise genauer bekannt zu werden, verdient daher unsere Aufmerksamkeit. Von dieser Art scheint mir eine bei meinen Versuchen gemachte Erfahrung zu seyn, die ich daher hier mittheilen möchte. Ich hatte mich nämlich seit längerer Zeit mit der Anfertigung elektromagnetischer Rotationsapparate beschäftigt, wobei ich die practische Seite vorzüglich im Auge hatte. Als Bewegungsprincip hatte ich das von Prof. Steinheil angegebene Princip des Ankerschlusses ge-

wählt, weil ich mich aus mehrfachen Gründen von dessen Vorzügen überzeugt hatte. Ein durch eine Grove'sche Batterie erzeugter Elektromagnet in Hufeisenform zog seinen Anker in demselben Momente an, in welchem die galvanische Kette durch die Kupferspirale des Elektromagneten geschlossen ward. Der Anker drückt mit seiner Verlängerung auf den Krummzapfen der Axe eines Rades, das dadurch in Bewegung geräth. Durch das Schwungrad darin erhalten, gelangt der Krummzapfen endlich unter die Verlängerung des Ankers, hebt diesen in die Höhe und erreicht dabei seinen höchsten Stand, weil inzwischen durch den Commutator die Kette geöffnet war. In dem nächsten Momente, nachdem der Krummzapfen seinen höchsten Stand erreicht hatte und hier einen Augenblick in Ruhe war, schließt der Commutator den Strom, das Hufeisen wird wieder Elektromagnet, zieht den Anker an, dieser drückt wieder auf den erwähnten Krummzapfen u. s. w., und so kommt das Rad in Rotation.

Hier begegnete ich nun einer höchst unangenehmen Schwierigkeit, nämlich dem Festhalten des Ankers in Folge zurückgebliebener Anziehungskraft im weichen Eisen, nachdem die Kette geöffnet war. Anfangs bestand mein Commutator aus einem in Quecksilber tauchenden Kupferdrahte, später aber, um das Herausschleudern des Quecksilbers und die durch den äußerst intensiven elektrischen Funken entstehenden Quecksilberdämpfe zu vermeiden, aus einer Stahlfeder, die gegen eine am Rande ausgeschnittene Kupferscheibe federte, also einer Art Jacobi'schem Commutator. War die Kette durch diesen geschlossen, so wurde der Schlufsanker mit einer Zugkraft von 170 Pfund vom Hufeisen angezogen. Die Grove'sche Batterie hatte fünf Elemente, und das Hufeisen selbst wiegt ohne Kupferdrähte etwa 7 bis 8 Pfund.

Wurde dieser Elektromagnet in dem erwähnten Rotationsapparate angebracht, so rifs er den Anker zwar

mit großer Gewalt an sich, liefs ihn aber auch nicht mehr los, nachdem der Strom nicht mehr durch den Umwicklungsdraht des Elektromagnets ging, und alle Rotation hatte ein Ende. Mit einer bedeutenden Kraft konnte erst der Anker abgerissen werden. Wenn bei Elektromagneten in physikalischen Vorlesungen die Ankerbelastung in eben dem Momente abfiel, in welchem die Kette geöffnet wurde, so war eben nur dieses Gewicht Schuld, ein kleineres und doch noch bedeutendes würde länger getragen worden seyn. Ein Metallarbeiter, der sich zur Trennung der Eisenspäne von Messing- und anderen Spänen, statt des dazu üblichen Stahlmagnets, eines Elektromagnets bedienen wollte, würde diesen Umstand noch störender fühlen, da seine angezogenen Eisenspäne nicht freigelassen werden. Um diesen Uebelstand zu heben, und ausgehend von der Ansicht, daß das Eisen des Elektromagnets nicht weich genug sey, obwohl es vom besten schwedischen Eisen und so weich war, daß ich mit dem Messer Einschnitte machen konnte, — liefs ich das Hufeisen kirschroth ausglühen, und darauf in Asche, um recht langsam zu wirken, 36 Stunden lang abkühlen. Ich konnte glauben, daß nun keine Spur von Härte mehr vorhanden, und in Folge dessen die Eigenschaft, ertheilten Magnetismus zu bewahren, verschwunden seyn müsse, um so mehr, da das Hufeisen nach dem Ausglühen nicht einen einzigen Hammerschlag mehr erhalten hatte. Nachdem aber die Kupferspirale wieder aufgewickelt und das Hufeisen in den Rotationsapparat gebracht worden, zeigte der Elektromagnet die nämliche Erscheinung wie früher. Er liefs bei offner Kette den Anker nicht los. So ging es mir mit fünf Hufeisen, die zu Apparaten der Art bestimmt waren. Auch das kleinste Eisen hatte noch eine Zugkraft von 8 bis 10 Pfund, genug, um den Anker festzuhalten und die Rotation zu stören. Ich hatte vor, einen Stahlmagnet für einen magneto-elektrischen Rotationsapparat durch einen kräftigen Elektromagnet zu strei-

chen, und wählte hiezu das erwähnte weiche Hufeisen. Meine Batterie war die Zink-Platin-Batterie von Grove. Ehe die Kupferspirale des Hufeisens mit der Batterie verbunden wurde, ward letzteres von den beiden Polplatten aus durch eine untergehaltene Weingeistflamme so erwärmt, daß das unter der Kupferspirale auf dem Hufeisen aufgetragene Siegellack anfing zu schmelzen. Nun wurde der galvanische Strom mehrere Stunden lang durch den Kupferdraht des Hufeisens hindurchgeleitet, während die Erwärmung des Hufeisens durch eine Weingeistflamme in der angegebenen Weise fortgesetzt wurde. Unter dieser Behandlung wurden die einzelnen Lamellen des anzufertigenden Stahlmagnetes an den Polen des Elektromagnets gestrichen. Nachdem die Lamellen gestrichen und zum Magnete zusammengesetzt waren, hatte der Stahlmagnet eine Tragkraft von 40 Pfund, die er bis zur Stunde noch hat. Durch diese Erwärmung sollte auch jene Härte aus dem Hufeisen vertrieben werden, die nach dessen Ausglühen durch das Aufwickeln des Kupferdrahtes und die damit verbundene Behandlung etwa darin erzeugt worden seyn könnte. Der galvanische Strom selbst entwickelte so viel Wärme, nachdem die Flamme weggenommen war, daß das Hufeisen ganz heiß wurde. Nachdem nun dieses Eisen in die mehrerwähnte Rotationsmaschine gebracht worden, zog es jenen Anker gewaltsam an, ließ ihn aber in dem nämlichen Augenblicke wieder los, in welchem die Kette durch den Commutator geöffnet wurde. Diese Eigenschaft besitzt genannter Elektromagnet noch bis zur Stunde nach mehr als einem halben Jahre. Das Schwungrad der Maschine hat einen Fuß Durchmesser, und macht mit der Grove'schen Batterie von fünf Elementen Gröfse gegen 200 Umdrehungen in der Minute.

Wenn auch Elektromagnete vorkommen, die, obwohl aus ganz gewöhnlichem Eisen und ohne sorgfältige Behandlung gefertigt, sogleich bei jeder Oeffnung der Kette

den Anker auslassen, so werden auch solche gefunden, die diese Eigenschaft nicht haben, und dies beweist meine eigene Erfahrung. Wenn also zu bestimmten Zwecken ein Elektromagnet diese Eigenschaft des plötzlichen Verschwindens der Anziehungskraft besitzen soll, und sie nicht besitzt, so scheint das nochmalige Erwärmen des Hufeisens, nachdem der Kupferdraht aufgewickelt ist, von gutem Erfolge zu seyn, vorzüglich wenn gleichzeitig ein starker galvanischer Strom durch die Kupferspirale des Elektromagnets geleitet wird. Der beschriebenerweise behandelte Elektromagnet hält bei geöffneter Kette nicht einmal mehr seinen Anker fest, der aus einem ganz dünnen Eisenstäbchen besteht, das in Holz eingelassen ist, und mit diesem nur wenige Lothe wiegt.

---

#### XI. *Einwirkung der Flamme auf die Spannungselektricität; von J. Petrina in Linz.*

---

Von den vielen Versuchen, die ich über diesen Gegenstand seit November des verflossenen Jahres angestellt habe, will ich hier nur jene mittheilen, die, meiner Meinung nach, die Freunde der Elektricitätslehre am meisten interessiren dürften.

1) Elektrisirt man ein Paar in der Luft hängende Hollundermarkkugeln positiv oder negativ, so fallen sie augenblicklich zusammen, wenn man sich ihnen von welcher Seite immer, mit was immer für einer Flamme nähert, oder mit derselben bei ihnen, selbst in der Entfernung von einigen Zollen, wie schnell immer, vorüberfährt.

2) Eine isolirte stark elektrische Metallkugel verliert durch das Vorüberfahren mit einer Flamme ihre Elektricität so, daß sie dann kaum noch auf ein empfindliches Elektroskop wirkt.

3) In der Nähe einer Flamme oder einer weißglühenden Eisenkugel kann man den Hollundermarkkugeln weder positive noch negative Elektricität mittheilen, man mag den durch Reibung oder, wie immer, elektrisch gewordenen Körper, von welcher Seite immer den Kugeln nähern.

4) Nähert man der Kugel eines Goldblatt- oder Strohhalmelektroskops von einer Seite die Flamme einer Kerze, und von der andern einen elektrischen Körper, der auf das Elektroskop vertheilend, jedoch nur so stark wirkt, daß die Goldstreifen oder Strohhalm nicht anschlagen, entfernt dann langsam die Flamme und den Körper, jene etwas früher als diesen, so ist das Elektroskop etwas geladen, und zwar mit der Elektricität des genäherten Körpers.

5) Ein durch Vertheilung elektrisch gewordener Cylinder wird mit dem vertheilenden Körper entgegengesetzt oder gleichnamig elektrisch, je nachdem man sich seinem ab- oder zugekehrten Ende mit einer Kerzenflamme auf einen Augenblick genähert, und ihn dann aus der Wirkungssphäre gebracht hat.

6) Die Einwirkung der Flamme auf einen elektrischen Körper wird durch einen jeden festen Körper, der dazwischen gelegt wird, er sey noch so dünn, schlechter oder guter Leiter der Elektricität, als: Holz, Papier, Glas, Metallplättchen u. s. w., aufgehoben.

7) Eine Kerzenflamme zeigt in der gewöhnlichen Luft, wenn man sie mit einem noch so empfindlichen Elektroskope prüft, keine Spur von Elektricität; ist aber die Luft um die Flamme etwas elektrisch, hat man z. B. in einem Zimmer mit der Reibungselektricität experimentirt, so zeigt die Flamme sogleich den elektrischen Zustand der Zimmerluft an, indem sie ein in ihre Nähe gebrachtes Elektroskop ladet. Bedient man sich zu diesem Versuche des mit einem guten Condensator versehenen Elektroskops von Bohnenberger, so kann man damit



und der Kerzenflamme den geringsten Grad elektrischer Spannung der Luft entdecken.

8) Stellt man auf den Conductor der Elektrisirmaschine eine brennende Kerze, so ladet er sich nicht; denn die Elektrizität wird von der Flamme nach allen Richtungen zerstreut. Nach einer kurzen Zeit, etwa zwanzig Umdrehungen meiner schwachen Handelektrisirmaschine, fand ich die Luft im ganzen Zimmer elektrisch, und 60 Umdrehungen reichten hin, um die Luft im zweiten, ja noch im dritten Zimmer, auf 50 Fufs Entfernung, in einer elektrischen Spannung zu finden. Die Thür des zweiten und dritten Zimmers muss offen seyn, wenn man die Luft darin elektrisch finden will, auch dürfen sich keine hohen Gegenstände im Wege befinden; denn in der Nähe der Wände oder nicht isolirter Gegenstände ist selbst im ersten Zimmer die Luft unelektrisch. Uebrigens ist es nicht nöthig, dass die Elektrisirmaschine der Thür gegenübersteht.

9) Wenn man bei vorhergehendem Versuche auch eine brennende Kerze in den Raum stellt, dessen elektrischen Zustand man dann prüfen will, so ist die Wirkung stärker.

10) Die Flamme entladet eine positiv oder negativ geladene Leidner Flasche, wenn sie sammt der Kerze in die Kette gebracht wird, in einer sehr kurzen Zeit vollkommen, ohne Geräusch oder Funken.

11) Eine Leidner Flasche von einem Quadratfusse äusserer Belegung kann in einer bedeutenden Entfernung von der Maschine, ohne alle Verbindung mit ihr, blofs durch Vermittlung der Kerzenflamme geladen werden. Man bringt bei diesem Versuche eine brennende Kerze am Conductor der Flasche so, dass die Flamme den Knopf desselben berührt. Stellt man die Flasche einige Fufs von der Maschine und anderen Gegenständen entfernt, verbindet das äussere Belege mit dem Fufsboden, und bringt die Maschine in Thätigkeit, so ladet sich die Fla-

sche. Bei diesem Versuche ist es gut die Flamme vom Conductor der Flasche, früher als man aufgehört hat zu drehen, wegzuziehen, weil sie sonst auf die Flasche entladend wirkt. Bei meiner schwachen Maschine hat sich die Flasche bei 4 Fufs Entfernung bedeutend stark geladen, bei 6 Fufs noch stark, bei 8 Fufs noch zum Funken, und bei 12 Fufs erhielt ich noch deutliche Spuren von einer Ladung.

Die Ursache dieser Einwirkung der Flamme auf die statische Elektricität rührt nicht her, wie man leicht glauben könnte, von der durch den Verbrennungsproceß bewirkten Bewegung der Luft; denn zwei sich abstoßende elektrische Kügelchen fallen nicht zusammen, man mag sie noch so schnell in der Luft bewegen, oder die Luft ihrer Umgebung durch einen Blasebalg in ein Strömen versetzen. Diese Einwirkung kann auch nicht der Wärme der Flamme zugeschrieben werden; denn die Kügelchen fallen nicht zusammen, wenn man sie einem, wie immer, stark erhitzten Ofen, so sehr als nur immer möglich ist, nähert, und selbst längere Zeit in dieser Hitze läßt, oder wenn man in der Nähe der Kügelchen eine dunkelglühende Metallkugel längere Zeit hält. Es scheint auch nicht das Licht die Ursache dieser Erscheinung zu seyn; denn weder im directen Sonnenlichte, noch im Brennpunkte einer Linse oder eines Spiegels fallen die Kügelchen zusammen. Daß es aber auch nicht die Wirkung der Spitzen ist, dafür scheint mir Folgendes genügend zu sprechen. Ein System von mehr als 60 an einer leitenden Basis angebrachten Nähnadeln vermag nicht zwei sich abstoßende plus oder minus elektrische Kügelchen ohne Berührung schnell zu entladen. Ladet man eine Flasche negativ, versieht ihren Conductor mit Spitzen, und nähert sich dann diesen mit einem Paar mit negativer Elektricität sich abstoßenden Kügelchen, so werden diese von den Spitzen abgestoßen, und fallen nicht zusammen, die Flasche mag isolirt seyn oder nicht; ver-

sieht man aber den Conductor mit einer Kerzenflamme, so werden die angenäherten Kugelchen entladen und fallen sogleich zusammen. Aus allen über diesen Gegenstand angestellten Versuchen glaube ich folgern zu dürfen, daß die hier besprochene Erscheinung ihren Grund in dem Verbrennungsprocesse habe. Der Sauerstoff scheint nur bei einem bestimmten elektrischen Zustande (vielleicht dem Nullzustande) die chemische Verbindung einzugehen, diesen Zustand bis auf eine beträchtliche Entfernung von der Verbindungsstelle anzunehmen und zu behaupten, und so die überschüssige Elektricität, mit der er vielleicht geschwängert war, in die Ferne zu leiten, oder im Falle er negativ war, die mangelnde aus der Ferne anzuziehen. Wiewohl sich hier nicht unwichtige Folgerungen machen ließen, so will ich sie dennoch diesmal der Kürze wegen stillschweigend übergehen.

## XII. *Thermo-chemische Untersuchungen;* *von Hrn. H. Hefs.*

(Fortsetzung der im Bd. LIII S. 547 abgebrochenen Abhandlung. — Aus dem Bullet. der Petersburger Acad. vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

101) Die Schwefelsäure ist ein so kräftiges Reagens, man kommt so häufig in den Fall dieselbe zu gebrauchen, und wir sehen sie in den nachfolgenden Untersuchungen so oft figuriren, daß ich es für nöthig hielt, die Bestimmung der von ihr entwickelten Wärmemenge noch einmal vorzunehmen. Auch mehrere andere Betrachtungen forderten dies. Meine ersten Versuche hatten für eine Proportion die Zahl 43,8 gegeben (§. 3). Später erhielt ich weit kleinere Zahlen, 38,9 und 38,85. Als ich aber die von der wasserfreien Säure entwickelte Wärme bestimmte, fand ich direct durch Vermengung

510,1 (§. 11). Annehmend 38,9 für eine Proportion, wurde die Summe der durch die wasserfreie Säure entwickelten Wärme 505,96. Der Versuch, welcher die stärkste Wärmemenge messen mußte, würde eine zu große Zahl gegeben haben, während der wahrscheinliche Fehler sich im entgegengesetzten Sinne befand und die beobachtete Zahl noch zu klein seyn mußte. Glaubend daß ein höherer Grad von Genauigkeit erreicht werden könnte, wenn mit größeren Massen gearbeitet würde, unternahm ich neue Versuche. Mein Zweck war, das Verhältniß der Oberfläche des Apparats zu seinem Inhalt abzuändern. Abgerechnet die größeren Dimensionen, war mein Calorimeter nach demselben Princip construiert, wie der §. 5 beschriebene.

Jedesmal, wenn das Thermometer beobachtet wurde, schützte ein Pappschild den Apparat vor der Wärme des Körpers. Was den Wärmeverlust während der Dauer des Versuchs betrifft, so wurde die Berichtigung zur Compensation desselben folgendermaßen vollzogen. Der Versuch IV hatte nachstehende Temperaturbeobachtungen geliefert.

Temperatur der Luft  $+21^{\circ}$  C.

Anfangstemperatur des Wassers	15°,95	bei 11 <sup>h</sup> 6'
	21	- - 8
	26	- - 12
Maximum	26,23	- - 15
	26,15	- - 30.

Zwei Minuten hatten hingereicht, um die Temperatur des Apparats gleich der der umgebenden Luft zu machen. Zwei Minuten später war er eben so lang über der Temperatur der Luft gewesen, als er darunter gewesen war. Ich nahm an, daß diese beiden Intervalle einander compensirten. Von 11<sup>h</sup> 10' bis 11<sup>h</sup> 5' fand während 5' ein Wärmeverlust statt. Allein der Apparat gebrauchte darauf 15' auf 26° 23' auf 26° 15' zu gelangen; d. h. für ein Temperatur-Intervall von 0,08. Ich nehme

also

also für ein Drittel dieser Zeit das Drittel dieses Verlustes, d. h. 0,026 als Correction. Sie ist nicht streng, und man hätte ihr mittelst einer Interpolationsformel, gestützt auf eine über das Erkalten des Apparats gemachte Reihe von Beobachtungen, eine anscheinend grössere Genauigkeit verleihen können; allein ich habe mich bald überzeugt, daß dies nur illusorisch seyn würde. Es muß nämlich während des Versuchs das Wasser beständig umgerührt werden. Nun aber hängt der Verlust und Gewinn an Wärme, außer allen andern Ursachen, wesentlich von der dem Wasser eingeprägten Bewegung ab. Diese Bewegung machte man so gleichförmig als es mit der Hand geschehen konnte. Um aber eine genaue Berichtigung zu erhalten, müßte die Bewegung in aller Strenge gleichförmig seyn. Wer ein wenig über die Aufgabe nachdenkt, wird sie, über gewisse Genauigkeitsgrößen hinaus, mit so vielen Schwierigkeiten besetzt finden, daß er mir bald darin beistimmen wird, es komme hauptsächlich darauf an, daß die erforderliche Berichtigung so klein wie möglich sey. Im gegenwärtigen Fall bestand sie in der Vergrößerung von  $10^{\circ} 28'$  um  $0^{\circ},026$ , d. h. um weniger als  $\frac{1}{1000}$ .

102) Die sorgsamste Beachtung erfordert eine andere Fehlerquelle, nämlich die Zusammensetzung der angewandten Säure. Ich bestimmte sie immer mittelst des Aräometers (§. 89) unter Rücksicht auf die Temperatur der Flüssigkeit. Zu dem Ende mußte man die Angabe des Instruments prüfen, ferner auch die wesentlichen Punkte der Ure'schen Tafeln. Alle diese vorläufigen Versuche waren nur mit großem Zeitverlust zu machen. Endlich, nachdem ich mich, so weit es in meiner Macht stand, vor Fehlerquellen gesichert hatte, erhielt ich für eine Wärmeportion:

No. 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8  
 43,89 ; 42,90 ; 43,46 ; 47,20 ; 46,60 ; 40,00 ; 45,80 ; 41,00

Mittel (den Versuch 6 dabei ausgeschlossen):

44,26.

103) Ich konnte indess diesem Mittel noch nicht ganz trauen. Bei allen meinen Versuchen war ich von einer Säure von 1,84 Dichte ausgegangen, und der Versuch war nach der Formel (§. 89):

$$\frac{mt'}{ya+zb} = x$$

berechnet, worin  $y$  und  $z$  die Zahlen der, je nach der Menge des angewandten Wassers, entwickelten Proportionen sind. Alles hing also von dem Wassergehalt der angewandten Säure ab. Ich habe mich aber überzeugt, daß diese Bestimmung wenigstens eben so schwierig als die der entwickelten Wärme ist. Ich machte mich also wieder daran, Säuregemenge von bestimmter Zusammensetzung zu bereiten. Man ist im Stande dem Gemenge so lange nachzuhelfen bis es vollkommen richtig ist, und erst alsdann bedient man sich desselben. Darauf setzte ich die Mengungsmethode in's Werk. Die zur Aufnahme der Säure angewandte Masse Wasser betrug abwechselnd 1 Liter und 5 Liters. Ich operirte also in zwei Glasgefäßen. Sie waren genau gewogen, berichtigt wegen ihrer specifischen Wärme nach der von Regnault gefundenen Zahl. Das angewandte Thermometer war mit einem Normalthermometer des physikalischen Kabinet's verglichen.

Was endlich die Berichtigung wegen der specifischen Wärme des Gemenges betrifft, so glaubte ich nicht, die specifische Wärme durch einen directen Versuch bestimmen zu müssen; denn da das Gemenge sehr verdünnt war, so mußte sich dessen specifische Wärme mehr oder weniger der Einheit nähern, und jeder etwaige Fehler in deren Bestimmung würde durch eine sehr große Zahl multiplicirt worden seyn. Ich habe die Annahme vorgezogen, daß die specifische Wärme des Gemenges das

Mittel sey aus der des Wassers und der der angewandten Säure. So z. B.: Menge des angewandten Wassers 5000 Grm., Säure  $\text{H}^{\circ}\text{S}$  = 705 Grm., Spec. Wärme der bestimmten Säure = 0,6157, also berichtigte Säure:

$$\begin{array}{r} 434,1 \\ 5000 \\ \hline 5434,1. \end{array}$$

Allein die Dichte des resultirenden Gemenges ist = 1,04. Jeder bei directer Bestimmung begangene Fehler würde sich also auf die ganze Masse, während er in dieser Weise auch einen weit weniger beträchtlichen Theil fällt. Sieht man darauf, das Wasser so kalt zu nehmen, daß die Endtemperatur die der umgebenden Luft höchstens um 2° übertrifft, so bedarf es keiner merklichen Berichtigung für den Wärmeverlust. Denn die Mengung bewerkstelligt sich in 20 oder höchstens 30 Sec., und es bedarf mehr als 7 Minuten, damit darin das Thermometer 0°,1 sinke.

104) Die erhaltenen Resultate waren:

Angewandte Säure.		Zahl der Proportionen.	
No. 1	$\text{H}^{\circ}\text{S}$	95,2	3
- 2	$\text{H}^{\circ}\text{S}$	93,16	2
- 3	$\text{H}^{\circ}\text{S}$	76,97	2
		21,30	
- 4	dito	77,5	2
		21,3	
- 5	$\text{H}^{\circ}\text{S}$	47,8	1
- 6	dito	46,73	1
- 7	dito	46,30	1
- 8	$\text{H}^{\circ}\text{S}$	134,2	3
- 9	dito	132,2	3
- 10	$\text{H}^{\circ}\text{S}$	45,0	1
- 11	dito	46,76	1
		<hr/> 884,42	<hr/> 19
Mittel		46,55.	30 *

Es ist nothwendig zu bemerken, daß man, da die Säure  $\text{H}^4\ddot{\text{S}}$  kein Multiplum in einfacher Zahl liefert, zu der erhaltenen Zahl hinzufügte: 21,3, was die beim Uebergang von  $\text{H}^3\ddot{\text{S}}$  in  $\text{H}^4\ddot{\text{S}}$  entwickelte Wärme ist. Alsdann stellt die Summe genau zwei Proportionen vor. Was No. 10 und 11 betrifft, so wurde, da die Säure nicht genau  $\text{H}\ddot{\text{S}}$  war, das Aequivalent nach vorhin erwähnter Formel berechnet, und deshalb brachte man für diesen Versuch nur eine einzige Proportion in Rechnung:

105) Von diesem Mittel ausgehend, sehen wir, daß die Säure von der angezeigten Zusammensetzung nach der Formel mit einem Ueberschuß an Wasser entwickelt:

	Gefunden.	Berechnet.	Multiplirt mit 5,01.
$\text{H}\ddot{\text{S}}$	229,41	232,75	1166,5
$\text{H}^2\ddot{\text{S}}$	134,2	139,65	699,8
$\text{H}^3\ddot{\text{S}}$	94,18	93,10	466,5
$\text{H}^4\ddot{\text{S}}$	46,94	46,55	235,25.

Anlangend die von der wasserfreien Säure entwickelte Wärme, so bleibt sie dieselbe, und da ihre Menge 510,1 ist, so macht dies 11 Proportionen, deren Summe 512,05 seyn würde. Das erste Atom Wasser würde also 6 Proportionen Wärme entwickeln. Da diese Zahlen sich auf eine willkürliche Einheit ( $\ddot{\text{S}}=1$ ) beziehen, so muß man sie mit 5,01 multipliciren, um sie auf das Gewicht des Sauerstoffs, als Einheit genommen, zurückzuführen. Für die wasserfreie Säure wird die Zahl = 2566, und für die wasserhaltige findet sie sich in der letzten Spalte der obigen Tafel.

106) Das Calorimeter lieferte also beständig eine zu kleine Zahl. Es war nun wichtig zu wissen, ob dies von der Einrichtung des Apparats oder von der behandelten Materie herrühre. Im ersten Fall würden alle mit diesem Apparat erhaltenen Zahlen einer Berichtigung bedürfen. Um mich darüber aufzuklären machte ich ver-



gleichende Versuche, indem ich die Säure zu alkalischen Lösungen setzte; ich fand genau dieselben Zahlen. Somit konnte ich mich versichern, daß das Calorimeter richtige Data gab. Später fand ich, daß das Calorimeter nothwendig zu kleine Zahlen für die Schwefelsäure gab, wenn diese mit Wasser verdünnt war, weil es unmöglich war so viel Wasser hinzuzusetzen, daß die letzte Menge Wärme vollständig ausgetrieben worden. Ich hebe diesen Punkt hervor, da er mir lange anstößig war.

107) Nachdem die Verhältnisse für die Schwefelsäure festgestellt waren, fragte es sich nun zunächst, ob die Salpetersäure denselben Zahlen folge wie die Schwefelsäure. Schon im §. 90 habe ich die Schwierigkeiten angezeigt, welchen die Mengungsmethode ausgesetzt ist, wenn sie in gewissen Gränzen ausgeführt wird. Ich habe gefunden, daß man einen großen Theil dieser Schwierigkeiten vermeiden kann, wenn man das Volum der angewandten Flüssigkeit bedeutend vergrößert. Den größten Einfluß auf diese Resultate hat der wahre Säuregehalt der Säure, der streng immer schwierig auszumitteln ist.

108) Hier die Uebersicht der angestellten Versuche:

Zusammen- setzung und Dichte.	S ä u r e		G l a s	Wasser.	Tempera- tur- Erhöhung.	Entwik- kelte Wärme für ein Atom Säure.
	Menge.	specifische Wärme.	berichtigt			
N H	226,5	0,455	308	5000	5°,15	1002,5
1,51	151	0,455	136,9	1150	14,8	1085
N H <sup>2</sup>	444	0,514	308	5000	6,4	719,8
1,485	222	0,514	308	5000	3,2	704,8
N H <sup>4</sup>	709,9	0,5889	308	5000	5,7	513,4
1,42	213	0,5889	136,9	1000	8,2	542,8
N H <sup>6</sup>	198	0,720	136,9	1000	2,6	262,5
1,32	660	0,720	308	5000	1,9	262,5

109) Aus dieser Tafel ist einleuchtend, daß die Säure  $\ddot{\text{N}}\text{H}^3$  halb so viel Wärme entwickelt als die Säure  $\ddot{\text{N}}\text{H}^4$ , und letztere wiederum halb so viel als die Säure  $\ddot{\text{N}}\text{H}$ . Ich glaube demnach ohne merklichen Fehler folgende Vertheilung, wobei die Säure als gemengt mit einem Ueberschuß Wasser gedacht ist, annehmen zu können:

$\text{H} \ddot{\text{N}}$	1050	oder	6	$\times 175$
$\text{H}^2 \ddot{\text{N}}$	700	-	4	$\times 175$
$\text{H}^3 \ddot{\text{N}}$	525	-	3	$\times 175$
$\text{H}^3 \text{H}$	262,5	-	1,5	$\times 175$

Bei allen diesen Versuchen sah ich darauf, daß die aus der Vermengung hervorgehende Temperatur die der umgebenden Luft höchstens um 2° überstieg. Die Versuche, deren Resultate ich im §. 95 angegeben habe, wurden in einem kleineren Maassstabe angestellt. Ich hatte gefunden, die Säure  $\text{H}\ddot{\text{N}}$  entwickelte 194,25, was, auf  $\text{O}=1$  bezogen, 973,3 wird. Das Wesentliche ist: Die Summe der von  $\text{H}\ddot{\text{N}}$  mit einem Ueberschuß Wasser entwickelten Wärme zu kennen, und dies Mal glaube ich keine merkliche Abweichung befürchten zu dürfen. Allein man sieht daraus, daß die Zahl, welche ich Wärme-Aequivalent genannt habe, nicht mehr gleich ist für beide Säuren. Die stärkste Säure entwickelt die meiste Wärme.

110) Ich benutze diese Gelegenheit, um Vergessenes nachzuholen. Ich schloß im §. 92 aus der Wärme, die ein Gemenge von schwefelsaurem Kali und Salpetersäure entwickelte, daß es eine Verbindung von ersterem mit letzterer geben müsse. Ich muß hier bemerken, daß diese Verbindung durch die Versuche von Jacquelin außer Zweifel gesetzt worden ist; demselben gelang es sie zu isoliren. (*Annal. de chim. et de phys. T. LXX n. 318.*)

111) Ich hatte mich (§. 78 bis 86) in eine Erörte-

rung über die Constitution der schwefelsauren Salze ein-  
 gelassen. Das hieß sich in eine eben so wichtige als  
 schwierige Frage einlassen, und erst als ich mich, obwohl  
 wider Willen, in der Unmöglichkeit sah, directe Proben  
 zu geben, nahm ich meine Zuflucht zu einer indirecten  
 Argumentationsweise. Auch da noch war ich gezwun-  
 gen eine Hypothese zu machen, nämlich anzunehmen, daß  
 das dritte Atom Sauerstoff in der Schwefelsäure weniger  
 Wärme entwickle als jedes der beiden vorgehenden.  
 Diese Annahme mußte bewiesen werden; nur um diesen  
 Preis war die Ueberzeugung zu erlangen. Ich habe im  
 §. 83 von mehreren in dieser Absicht unternommenen Ver-  
 suchen gesprochen. Man begreift leicht, welche Wich-  
 tigkeit ich auf das Gelingen legte. Endlich, nach vielen  
 unnützen Versuchen sah ich, wie es so oft geschieht, daß  
 eins der einfachsten Mittel geradeswegs zum Ziele führte.

112) Ich bereitete mir zuvörderst recht reines koh-  
 lensaures Bleioxyd, zersetzte es darauf durch eine mög-  
 lichst gemäßigte Wärme, und erhielt dadurch gelbes Oxyd,  
 welches kaum eine Spur Kohlensäure enthielt und äußerst  
 zart war. Mengt man das so erhaltene Oxyd mit Schwe-  
 felblumen, ohne das Gemenge zu sehr zu reiben und, vor  
 allem, ohne es zu comprimiren, macht einen Haufen da-  
 von und zündet es an, so geräth es bald in's Glühen,  
 und nach beendigtem Versuch findet man, daß bloß die  
 Oberfläche schlecht oxydirt ist, das Innere der Masse  
 aber in Sulfat, gemengt mit Bleioxyd, umgewandelt ist.  
 Je kleiner der Ueberschuß an Bleioxyd ist, desto weni-  
 ger gelingt die Operation, selbst in Sauerstoffgas. Ich  
 fand, daß 1 Th. Schwefel auf 50 bis 60 Th. Bleioxyd  
 das zweckmäßigste Gemenge gaben. Ist der Antheil Oxyd  
 geringer, so hat man immer, selbst im Sauerstoff, zu be-  
 fürchten, daß sich etwas schweflige Säure bilde, und  
 dieß macht die Resultate verwickelt. Ich machte den  
 Versuch im Verbrennungs-Calorimeter. Der Sauerstoff  
 wurde seitwärts hincingeleitet, und daher war die Ver-

brennung nicht ganz vollkommen. Folgendes sind die Details des Versuchs:

Apparat voll Wasser, gleichwerthig mit	10963 Grm. Wasser
Bleioxyd	302 Grm. $\times 0,05$
Schwefel	4,25 - $\times 0,2$
	<hr/>
Gesamnte Masse	$m = 10978,9$
Anfangstemperatur $t = 17^\circ \text{C.}$	$mt = 186630.$
Endtemperatur $t' = 18^\circ,9$	

Es hatte sich ein wenig schweflige Säure gebildet. Der Rückstand, mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, um alles überflüssige Oxyd auszuziehen, hinterließ 36,1 schwefelsaures Bleioxyd, die 3,828 Grm. Schwefel enthielten; von den 4,25 Grm. Schwefel entwichen also 0,422 als schweflige Säure. Wir haben also nach dem Versuch:

Für den Apparat	10963
Bleioxyd $0,276 \cdot 0,05$	13,8
Schwefelsaures Bleioxyd $36,1 \cdot 0,087$	3,1
	<hr/>
	$m' = 10979,9.$

Die während des Versuchs entwickelte Wärme ist  $m't' - mt = 20890$ . Ein Theil dieser Wärme rührt von der Bildung der schwefligen Säure her. Da die Verbrennung eines Grm. Schwefel 2601 Wärme giebt, so haben wir, für 0,422 Schwefel, 1097,6 Wärme von 20890 abzuziehen. Der Rest 19793 ist durch Umwandlung des Schwefels in schwefelsaures Blei erzeugt, und giebt für 1 Grm. Schwefel 5171.

Ein zweiter Versuch wurde mit denselben Quantitäten der Substanzen gemacht. Es ist zu bemerken, daß die Temperatur der umgebenden Luft an diesem Tage genau der beim vorhergehenden Versuche gleich war; sie war  $18^\circ,2$ . Der Apparat wurde auf die Temperatur  $17^\circ$  zurückgeführt; am Ende des Versuchs befand er sich auf  $19^\circ$ . Bei einem Grad Temperaturunterschied zwischen dem Apparat und der umgebenden Luft ward der Aus-

tausch der Wärme ungemein langsam. Diesmal wurde der Sauerstoff von oben in den Apparat gebracht, in der Weise, daß ein gleichförmiger Strom dieses Gases die ganze Oberfläche des Gemenges traf. Auch war die Verbrennung vollständig. Es gab mithin nichts für Bildung von schwefliger Säure abzuziehen. Berechnet, wie das erste Mal, gab dieser Versuch für 1 Grm. Schwefel 5174.

113) Die erhaltene Zahl ist aus mehreren Elementen zusammengesetzt, zunächst aus der bei Bildung der Schwefelsäure entstehenden Wärme, dann aus der, die bei Verbindung der Säure mit dem Bleioxyd entwickelt wird. Man muß also, zur Herleitung des Resultats, den Werth des einen dieser Elemente kennen. Suchen wir daher ihn kennen zu lernen.

Auf dem ersten Blick scheint es sehr leicht, Bleioxyd mit Schwefelsäure zu verbinden; allein ein Anderes ist, die dabei entwickelte Wärme zu bestimmen. Bedient man sich einer verdünnten Säure, so erfolgt die Verbindung nicht oder sehr langsam, und dies macht die Bestimmung der entwickelten Wärme unmöglich. Wenn man aber ein Häufchen Bleioxyd mit ein Wenig recht concentrirter Schwefelsäure befeuchtet, so sieht man zunächst die unteren Theile des Oxyds sich mit Säure tränken, hierauf erhitzt sich das Gemenge bis zu dem Punkt, daß es Schwefelsäure-Dämpfe ausstößt, und dann ist es nicht selten, daß der obere Theil des Oxyds bei der Verbindung mit den sauren Dämpfen sich entzündet. Durch Anwendung von concentrirter Säure kann man also zum Ziel gelangen. Mehrere im Calorimeter ausgeführte Versuche bewiesen mir, daß die Verbindung niemals gehörig von Statten geht, wenn man Base und Säure in dem zu ihrer gegenseitigen Sättigung erforderlichen Verhältniß anwendet; es muß eine von ihnen vorwalten, und zwar kann man nur mit einem Ueberschuß von Säure zu einem genügenden Resultate gelangen. Ich be-

diente mich zum Vermengen eines Kupfercylinders, der aufrecht inmitten des Kastens des Calorimeters befestigt war. Der Deckel desselben trug ein Messingrohr, welches aus dem Wasser des Calorimeters hervorragte und somit das Innere des Cylinders mit der äußeren Luft in Gemeinschaft setzte. Diefs Rohr war so weit, daß es den Stiel eines zur Beschleunigung der Mengung dienenden Rührers durchliefs, und die Säure einzugiefsen erlaubte. Die letztere konnte nur nach Maafsen hineingebracht werden. Das Wasser wurde durch einen eigends dazu bestimmten Rührer in Bewegung gesetzt.

Auch wenn alle zum Versuch bestimmte Säure eingegossen und das Gemenge wohl umgerührt ist, hindert dies doch nicht, daß die Vereinigung nur theilweise sey. Das Thermometer, welches anfangs rasch steigt, nimmt bald einen langsamen Gang an und kommt erst nach geraumer Zeit auf das Maximum; das macht die Beobachtung des Thermometers und die Berichtigung wegen des Wärmeverlustes sehr unsicher. Diefs begreift sich leicht, wenn man erwägt, daß die stete Wärme-Entwicklung, die im Innern stattfand, auf einen Punkt gelangen mußte, wo sie dem Wärmeverlust des Apparats beinahe gleich kam. Alles dies machte das Experiment unnütz. Man mußte die Wirkung nach Belieben hemmen können oder auf das vorgesetzte Ziel verzichten. Zum Glück bot das Wasser ein bequemes Mittel dar. Indem man in das Innere eine hinreichende Menge Wasser brachte, im Moment, wo man den Gang des Thermometers sich verlangsam sah, bewirkte man eine instantane Wärme-Entwicklung; das Thermometer erreichte ein sehr deutliches Maximum, da die Säure zu verdünnt ward, um sich während des kurzen Zeitraums, den sie noch mit dem Oxyd in Berührung blieb, in beträchtlicher Menge mit demselben zu verbinden.

Das Wasser erfüllte noch einen anderen, nicht minder wichtigen Zweck. Um einen Schlufs aus dem Ver-

such zu ziehen, mußte man nothwendig wissen, wie viel Oxyd von der Säure gesättigt ward, und wie viel unverbunden blieb. Hätte man die Menge des gebildeten Sulfats direct bestimmen wollen, so hätte man dem Rückstand die freie Säure durch Waschen entziehen müssen. Aber ehe man dahin gelangt wäre, würde sich die Menge des Sulfats beträchtlich vermehrt haben, zu geschweigen von der großen Schwierigkeit, das Gewicht eines Niederschlags von wenigstens 300 Grm. mit Genauigkeit zu bestimmen. Man mußte daher ein anderes Mittel wählen, und dieses lieferte das Wasser. Es ist leicht, die in den Apparat gebrachte Menge Säure mit Genauigkeit zu kennen. Man fügt Wasser hinzu, rührt es wohl mit dem Rührer um, und so wie das Maximum erreicht ist, nimmt man den Apparat auseinander und gießt die Flüssigkeit vom Niederschlage ab. Zur grösseren Genauigkeit, filtrirt man eine hinreichende Menge ab, um die Dichtigkeit mit Genauigkeit zu bestimmen. Da mit Ausnahme der Abgießung, die keine Schwierigkeit darbietet, die Operation gar nicht eilt, so kann man sie ganz mit Muße ausführen.

Kennt man die Menge und die Zusammensetzung der hinzugefügten Säure, so kennt man auch die Menge des darin enthaltenen Wassers. Eben so kennt man die Menge des hinzugefügten Wassers, und da bei dieser Hinzufügung das Wasser sich nicht verlieren kann, sich nur ein wasserfreies Salz bildet, so kann alles Wasser nirgendwo anders als in der Flüssigkeit seyn. Hat man deren Dichtigkeit bestimmt, und kennt das Verhältniß von Wasser und Säure, so hat man Alles, was man braucht, um die Menge der freien Säure, und folglich die Menge des gebildeten Sulfats zu bestimmen.

114) Es bleibt nun noch eine Schwierigkeit zu überwinden, die: die einfachste Auslegungsweise des erhaltenen Resultats aufzufinden. Wenn ich nicht darin eine reelle Schwierigkeit erblickte, könnte ich den Leser mit

vielen Details verschonen. Allein wir sehen täglich falsche Schlüsse ziehen; gut experimentiren, ohne gut zu urtheilen, ist fast nicht möglich. In der Thermochemie ist nichts leichter als sich in den Deductionen zu irren; deshalb muß man sie mit den nöthigen Details darlegen, um den Leser selbst in den Stand zu setzen, einen dem Verfasser etwa entschlüpften Fehlschluß zu entdecken.

115) Die Ergebnisse dreier Versuche sind folgende:

	I.	II.	III.
Bleioxyd	306,4	306,4	306,4
Säure von 1,845 Dichte	368	368	368
Darin: { wasserfreie Säure	298,27	dito	dito
{ Wasser	69,7	dito	dito
Hinzugefügtes Wasser	500	600	600
Anfangstemp. des Apparats	14°,5	15°	14°,05
Endtemp. d. Calorimet.	20 ,8	21 ,5	20 ,55
Endtemp. d. Gemeng. darin	21 ,5	22 ,1	21 ,6
Temp. Erhöhh. d. Calorim. $t'$	6 ,3	6 ,5	6 ,5
Temp. Erhöhh. d. Innern $t''$	7	7 ,1	7 ,55
Dichte d. Flüssigk. am Ende der Versuche	1,267	1,233	1,233
Säure, verbund. mit Bleioxyd	60	62,9	62,9
Apparat, mit seinem Was- sergehalt, gleichwerthig in Wasser	—	10574,27	—

116) Um diese Versuche zu berechnen, hat man zu erwägen: 1) daß das zur Auffangung der entwickelten Wärme in den Calorimeter gebrachte Wasser und das zur Verdünnung der Säure in das Innere des Apparats gebrachte Wasser immer gleiche Temperatur hatten, 2) daß, da die im Innern befindliche Masse immer eine etwas höhere Temperatur als der übrige Apparat besaß (wenigstens wenn man den Versuch nicht über die Massen verlängern wollte), es unerläßlich war, den der innern Masse und den dem übrigen Apparat entsprechenden Theil der Wärme geson-



dert zu berechnen; 3) dafs die oben angezeigte Menge Bleioxyd, berichtigt wegen der specifischen Wärme, als Aequivalent einer Wassermenge von 26,75 Grm. in Rechnung genommen ward, und die Schwefelsäure als Aequivalent 128,8 Grm. Wasser.

117) Sonach gelangt man zu Zahlen, welche sämtliche beim Versuch entwickelte Wärme angeben. Diese Quantitäten sind offenbar zu grofs, um die ganze durch den Zusatz des Wassers entwickelte Wärmemenge. Diese Menge hätte für jeden Versuch berechnet werden können; allein dies würde vorausgesetzt haben, dafs das Calorimeter durchaus die nämliche Zahl gäbe, welche die Säure auf dem Wege der Mengung geliefert haben würde. Diese Annahme war nicht zulässig. Ueberdies zeigte die Dichtigkeit der Flüssigkeit hinlänglich, dafs die Säure nicht all die Wärme abgegeben hatte, die sie mit Wasser abgeben kann, wenn dessen Menge gröfser ist. Man mufste also möglichst vermeiden Voraussetzungen zu machen. Ich zog es vor, direct durch den Versuch zu bestimmen, wie viel Wärme die angewandte Säuremenge entwickelte, wenn sie sich durch einen hinlänglichen Zusatz von Wasser auf gleiche Dichtigkeit zurückgeführt befand. Wir haben:

Für Versuch I	
Entwickelte Wärme	71205
Wärme, vom Wasser herrührend	53541
	<hr/> 17,664.

Dividirt man diese Zahl durch die Säuremenge, die mit dem Bleioxyd verbunden war, d. h. durch 60, so hat man die Wärmemenge, welche ein Theil Schwefelsäure mehr bei Verbindung mit Bleioxyd als bei Verbindung mit Wasser entwickelt. Um diese Zahl auf  $O = 1$  zu beziehen, mufs man sie mit 5,011 multipliciren. Man erhält dann: Wärme entsprechend 1 Aequivalent 1475.

## Für Versuch II

Entwickelte Wärme 74094

Wärme, vom Wasser herrührend 56137

---

17957

Wärme entsprechend 1 Aeq. 1432

## Für Versuch III

Entwickelte Wärme 74434

Wärme, vom Wasser herrührend 56137

---

18297

Wärme, entsprechend 1 Aeq. 1457.

118) Wir haben also gefunden:

1473 ; 1432 ; 1457 Mittel 1454,6.

Diese Zahl ist der Ausdruck des Unterschiedes zwischen der durch das Wasser und der durch das Bleioxyd entwickelten Wärme. Man muß also, um alle zwischen dem Oxyd und der wasserfreien Säure entwickelte Wärme zu haben, die von dem Wasser entwickelte Wärme, d. h. 2566 (§. 105) hinzufügen. *Die wasserfreie Schwefelsäure entwickelt also, bei Verbindung mit Bleioxyd, auf das Atom 4014 Wärme.*

119) Im §. 112 haben wir gesehen, daß 1 Grm. Schwefel, bei Verwandlung in schwefelsaures Bleioxyd, 5174 Wärme entwickelt. Ein Aequivalent Schwefel verbindet also

10405

Wärme aus der Verbindung von Pb mit S 4014

Wärme aus der Oxydation des Schwefels 6391

Allein wir wissen (§. 82), daß die Wärme aus der Bildung eines Aequivalents schwefliger Säure 5202 ist; zieht man also diese Zahl ab von der ganzen aus der Oxydation des Schwefels entspringenden Wärme, so bleibt 1189 für die vom dritten Sauerstoff-Aequivalent entwickelte Wärme.

In Wirklichkeit ist diese Zahl noch zu groß, weil die aus der Verdichtung der schwefligen Säure darunter

mit begriffen ist, und diese Wärme noch der bei Bildung der schwefligen Säure erzeugten Wärme hinzugefügt werden mußte. — Jedenfalls sehen wir aber, daß das dritte in der Schwefelsäure enthaltene Sauerstoffatom weniger Wärme entwickelt als jedes der beiden ersten.

120) Jetzt da wir in der Constitution der Schwefelsäure ein thermisches Element mehr kennen, verweise ich den Leser auf die in §. 84 auseinandergesetzten Betrachtungen, und begnüge mich, die Vertheilung der Wärmeentwicklung nach beiden Hypothesen nochmals aufzustellen:

Zusammensetzung S+H.		Zusammensetzung S+H.	
S + 2O	5202	S + 2O	5202
SO <sup>2</sup> + O	1189	SO <sup>2</sup> + O	1189
H <sup>2</sup> + O	4350	SO <sup>3</sup> + O	1189
S̄ + H	1400	S̄ + H <sup>2</sup>	4561
	<hr/> 12141		<hr/> 12141.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

### XIII. Erste Fortsetzung der Untersuchungen über Gadolinit, Allanit und damit verwandte Mineralien; von Th. Scheerer.

(Gelesen in der Versammlung der Naturforscher zu Stockholm, am 15. Juli 1842.)

1) Chemische Untersuchung des Gadolinit von Hitteröen und eines anderen Minerals von derselben Fundstätte.

In einer früheren Abhandlung <sup>1)</sup> habe ich, außer mehreren Analysen von Allanit, Orthit und Cerin, auch die Zusammensetzung des Gadolinit von Hitteröen (im südlichen Norwegen) angegeben. Es ergab sich aus der Un-

1) Diese Annalen, Bd. LI S. 407 und 465.

tersuchung dieses Minerals, daß dasselbe besonders durch den bedeutenden Gehalt von 9,57 Proc. Beryllerde charakterisirt sey. Zugleich erwähnte ich der Schwierigkeit, welche sich uns entgegenstellt, wenn wir versuchen eine Formel für die chemische Constitution dieses Minerals zu entwerfen, indem die von verschiedenen Chemikern in verschiedenen Gadolinitarten gefundenen Beryllerdegehalte sehr von einander abweichen, ohne daß sich dies durch Isomorphie erklären ließe, indem die Beryllerde die einzige 2- und 3-atomige Base ist, welche sich in dieser Mineralspecies nachweisen läßt. Ich machte aber auch aufmerksam darauf, daß diese Schwierigkeit wegfällt, wenn wir der Vermuthung v. Kobell's Glauben schenken, und die Beryllerde unter die 1- und 1-atomigen Basen zählen; doch verhehlte ich es keinesweges, daß eine solche Ansicht noch fernerer Belege bedürfe, und daß es mir vor Allem erforderlich schien, die Anwesenheit jener procentischen Menge Beryllerde im Gadolinite von Hitteröen durch eine zweite analytische Untersuchung außer allen Zweifel zu setzen.

Es ist diese wiederholte Untersuchung des genannten Minerals, welche ich hier mittheilen will. Der Gang der Analyse war folgender. Das getrocknete und gewogene Gadolinitpulver wurde mit einem Gemenge von Salz- und Salpetersäure (um das Eisenoxydul höher zu oxydiren) bei gelinder Wärme aufgeschlossen. Die Masse ward nicht völlig zur Trockne eingedampft, mit Wasser übergossen und die gelatinöse Kieselerde durch Filtration getrennt. Zur filtrirten Flüssigkeit ward so lange Ammoniak hinzugesetzt, bis die lichtgelbe Farbe derselben in eine dunklere (aber nicht röthliche) übergegangen war. Darauf wurde eine Quantität (etwa 1 Kub. Zoll) einer Auflösung von essigsaurem Ammoniak (durch Sättigung von concentrirter Essigsäure mit gewöhnlichem liquiden Ammoniak erhalten, hinzugefügt, wodurch sich die dunkel-

kelgelbe Farbe der Solution in eine fast granatrothe umänderte. Die auf solche Art vorbereitete Flüssigkeit ward nun durch oxalsaures Kali gefällt. Der Niederschlag ward nach dem Filtriren und Trocknen geglüht, in Salzsäure aufgelöst und durch Ammoniak gefällt, wobei eine Spur Kalkerde aufgelöst blieb, die auf die gewöhnliche Art durch oxalsaures Ammoniak bestimmt wurde. Der Niederschlag ward abermals in Salzsäure gelöst und nach Vorschriften behandelt, wie sie im folgenden Abschnitt näher angegeben werden sollen. Es zeigte sich hierdurch, dafs, aufser der Yttererde, nur Lanthan, aber kein Cer, oder doch jedenfalls nur eine sehr unbedeutende Spur dieses letzteren vorhanden war.

Jene Flüssigkeit, welche von dem, mit oxalsaurem Kali hervorgebrachten Niederschlage abfiltrirt worden war, wurde durch Ammoniak niedergeschlagen. Das Präcipitat, Eisenoxyd und Beryllerde enthaltend, wurde in Salzsäure gelöst, mit Ammoniak theilweis gefällt, und darauf ein grofser Ueberschufs von kohlen-saurer Ammoniakauflösung hinzugefügt, wodurch sowohl Beryllerde als auch ein Theil des Eisenoxys aufgelöst wurden. Aus dieser Solution ward, durch eine hinzugefügte Quantität Schwefelammonium, alles Eisen als Schwefeleisen gefällt <sup>1)</sup>). Die abfiltrirte Flüssigkeit ward, zur Zerstörung des überschüssigen Schwefelammoniums, mit Salzsäure versetzt, der niedergefallene Schwefel durch Filtration davon getrennt und die Beryllerde durch kaustisches Ammoniak präcipitirt.

Warum ich einen solchen, von den bekannten analytischen Verfahrensarten abweichenden Weg gewählt

1) Ist ein sehr grofses Uebermaafs von kohlen-saurem Ammoniak vorhanden, so kann dadurch sämmtliches Eisenoxyd aufgelöst werden. In diesem Falle ist die Menge des durch Schwefelammonium erhaltenen Niederschlags sehr grofs. Man kann deshalb zuvor durch Kochen und auch Verdünnen einen bedeutenden Theil des Eisenoxys ausfällen.

habe, werde ich in dem nachfolgenden Abschnitt zu motiviren suchen.

Das numerische Resultat der Analyse war:

Kieselerde	25,59
Beryllerde	10,18
Yttererde	44,96
Lanthanoxyd	6,33
Eisenoxydul	12,13
Kalkerde	0,23
	<hr/> 99,42

während bei der erwähnten, früher angestellten Analyse gefunden wurden:

Kieselerde	25,78
Beryllerde	9,57
Yttererde	45,67
Ceroxydul	1,81
Lanthanoxyd	4,75
Eisenoxydul	12,79
Kalkerde	0,34
	<hr/> 100,71.

Die Resultate beider Analysen stehen also in genügender Uebereinstimmung, und weichen nur darin von einander erheblich ab, dafs bei der älteren Analyse Ceroxydul gefunden wurde, was sich bei der späteren nicht bestätigte. Uebrigens sprach ich schon damals die Vermuthung aus, dafs möglicherweise kein Cer, sondern nur Lanthan in diesem Minerale enthalten seyn könne. Wor- auf es aber hier hauptsächlich ankommt, nämlich auf den Beryllerdegehalt, das hat sich durch diese zweite Untersuchung auf das Genügendste bestätigt. Der Gadolinit von Hitteröen enthält wirklich die bedeutende Menge von etwa 10 Proc. Beryllerde.

Hinsichtlich der Yttererde, welche bei der Analyse dieses Minerals erhalten wurde, habe ich noch auf ei-

nen Umstand aufmerksam zu machen. Dieselbe war aus ihrer salzsauren Lösung durch Ammoniak gefällt, darauf sehr sorgfältig ausgewaschen, getrocknet und geglüht worden. Die auf diese Weise erhaltene Yttererde war jedoch nicht weifs, sondern gelblich (in gröfseren Stücken stark gelb) gefärbt. Diefs konnte möglicherweise von einer Spur Manganoxyd herrühren, welches bekanntlich häufig eine Verunreinigung der Yttererde bildet, und ihr eine mehr oder weniger gelbliche, zuweilen bräunliche Farbe mittheilt. Allein weder in der Yttererde noch in dem gepulverten Gadolinite liefs sich vor dem Löthrohre, durch die bekannten, sehr scharfen Proben (durch Schmelzen mit Soda und Salpeter, und durch Behandlung einer gesättigten Phosphorsalzperle mit Salpeter) die geringste Spur Mangan nachweisen. Es schien überhaupt, als sey der färbende Stoff nur in sehr unwesentlicher Menge vorhanden; denn sowohl Phosphorsalz als Borax wurden von der gelben Yttererde durchaus in keinem bemerkbaren Grade gefärbt, es mochte hierbei die oxydirende oder die reducirende Flamme angewendet werden; auch konnte man beide Flüsse hierbei so übersättigen, dafs ein grofser Theil der Yttererde ungelöst blieb. Wurde die gefärbte Yttererde mit Schwefelammonium übergossen, so entstand hierdurch keine Spur einer schwärzlichen Färbung; wurde dieselbe mit Soda auf Kohle geglüht, so liefs sich kein Beschlag bemerken. Das merkwürdigste Verhalten der gelben Yttererde bestand aber darin, dafs sie, während ihres starken Glühens in einem Platintiegel, *völlig weifs* erschien, sobald aber der Deckel des Tiegels, während einiger Augenblicke, entfernt wurde, begann sich eine stark bräunlich gelbe Färbung einzustellen, die sogleich wieder verschwand, wenn die Erde, durch theilweises Bedecken des Tiegels, wieder höher erhitzt wurde. Durch minder starkes Glühen, und besonders durch einen daraufgeleiteten kälteren Luftstrom, liefs sich die Farbe zu jeder

Zeit hervorrufen, verlor aber durch völliges Erkalten stets an Intensität. Es hatte also hiernach vollkommen den Anschein, als ob die Ursache der Färbung ein färbendes Metalloxyd sey, welches die Eigenschaft habe, bei stärkerer Glühhitze zu Oxydul reducirt und dadurch farblos zu werden. Diese Vermuthung ward durch folgende Beobachtung zur Gewißheit. Die Yttererde wurde nämlich ganz farblos erhalten, wenn man ein Stückchen eines organischen Körpers, z. B. etwas Papier, in den glühenden Tiegel warf, ihn hierauf bedeckte, und, nach einiger Zeit, schnell erkalten liefs. Die Oberfläche der geglühten Yttererde war dann allerdings theilweise von Rufs schwarz gefärbt; allein alle tiefer liegenden Partikel, die von Rufs frei waren, hatten eine weiße Farbe. Hier hatten also die kohligen Gasarten reducirend gewirkt. — Berücksichtigt man alle hier angeführten Reactionen der gelben Yttererde, so bleibt die einzige Wahrscheinlichkeit (wenn man nicht, vielleicht allzu schnell, einen neuen Stoff ahnen will), daß dieselbe vielleicht durch eine geringe Menge Lanthan verunreinigt gewesen sey. Aber freilich ist eine Reduction des Lanthanoxyds zu Oxydul, bei stärkerer Glühhitze, noch nicht beobachtet worden. Ich behalte mir daher vor, diesen zweifelhaften Punkt durch spätere Untersuchungen mehr aufzuklären, als es mir jetzt möglich war, da ich auf dies eigenthümliche Verhalten der gelben Yttererde erst kurz vor meiner Abreise von Christiania aufmerksam wurde.

Der Gadolinit von Hitteröen wird von einem andern Minerale begleitet, welches demselben so vollkommen ähnlich sieht, daß mir die Erkennung seiner Eigenthümlichkeit lange Zeit entging. Ich wurde erst darauf geführt, als mehrere Analysen, welche ich mit dem (vermeintlich alleinigen) Gadolinit anstellte, sehr von einander abweichende Resultate gaben. Namentlich erhielt ich stets zu wenig Beryllerde und Yttererde, dafür aber mehr Kieselerde und Ceroxydul, und endlich sogar Thon-



erde, welche ich bei früheren Untersuchungen gar nicht gefunden hatte. Ich hätte leicht hierdurch irre geführt und in einzelnen Gadolinitarten eine Substitution der Beryllerde durch Thonerde vermuthen können, wenn ich es nicht für wahrscheinlicher gehalten hätte, daß eine mechanische Mengung des Gadolinit mit einem anderen Fossile hiervon der Grund seyn könne. In den schwarzen glasartigen Mineralstücken liefs sich aber durchaus keine wesentliche Beimengung eines anderen Fossils erkennen, und es blieb daher nur die Annahme übrig, daß nur einzelne der kleinen Mineralstücke, die ich zu meinen Untersuchungen angewendet hatte, wirklicher Gadolinit, andere dagegen ein diesem zwar sehr ähnliches, aber doch verschiedenartig zusammengesetztes Mineral gewesen seyen. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes war also wohl das beste Prüfungsmittel. Hierdurch wurde das Räthsel schnell gelöst. Ich fand nämlich, daß sämtliche Mineralstücke, die ich bisher alle für Gadolinit gehalten hatte, dem spec. Gew. nach in zwei Abtheilungen zerfielen. Das spec. Gewicht der einen Abtheilung war 4,35, das der anderen dagegen 3,50. Eins dieser beiden spec. Gewichte stellte sich bei einzelnen Stücken stets mit der größten Schärfe heraus, und das erste derselben war also genau das, welches ich früher für den Gadolinit gefunden hatte. Daß alle Mineralstücke von dem spec. Gewichte 4,35 wirklicher Gadolinit waren, ergab sich durch jene Analyse, deren Resultat so eben angeführt wurde.

Das Mineral von dem spec. Gewichte 3,50 mußte also ein von dem Gadolinit wesentlich verschiedenes seyn. Die vorläufige qualitative Untersuchung ergab, daß es hauptsächlich Kieselerde, Thonerde, Eisenoxydul, Cer-  
oxydul und Kalkerde enthielt. Durch die Analyse ward folgende Zusammensetzung gefunden:

Zeit hervorrufen, verlor aber durch völliges Erkalten stets an Intensität. Es hatte also hiernach vollkommen den Anschein, als ob die Ursache der Färbung ein färbendes Metalloxyd sey, welches die Eigenschaft habe, bei stärkerer Glühhitze zu Oxydul reducirt und dadurch farblos zu werden. Diese Vermuthung ward durch folgende Beobachtung zur Gewissheit. Die Yttererde wurde nämlich ganz farblos erhalten, wenn man ein Stückchen eines organischen Körpers, z. B. etwas Papier, in den glühenden Tiegel warf, ihn hierauf bedeckte, und, nach einiger Zeit, schnell erkalten liefs. Die Oberfläche der geglühten Yttererde war dann allerdings theilweise von Rufs schwarz gefärbt; allein alle tiefer liegenden Partikel, die von Rufs frei waren, hatten eine weisse Farbe. Hier hatten also die kohligen Gasarten reducirend gewirkt. — Berücksichtigt man alle hier angeführten Reactionen der gelben Yttererde, so bleibt die einzige Wahrscheinlichkeit (wenn man nicht, vielleicht allzu schnell, einen neuen Stoff ahnen will), dafs dieselbe vielleicht durch eine geringe Menge Lanthan verunreinigt gewesen sey. Aber freilich ist eine Reduction des Lanthanoxyds zu Oxydul, bei stärkerer Glühhitze, noch nicht beobachtet worden. Ich behalte mir daher vor, diesen zweifelhaften Punkt durch spätere Untersuchungen mehr aufzuklären, als es mir jetzt möglich war, da ich auf dies eigenthümliche Verhalten der gelben Yttererde erst kurz vor meiner Abreise von Christiania aufmerksam wurde.

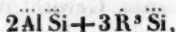
Der Gadolinit von Hitteröen wird von einem andern Minerale begleitet, welches demselben so vollkommen ähnlich sieht, dafs mir die Erkennung seiner Eigenthümlichkeit lange Zeit entging. Ich wurde erst darauf geführt, als mehrere Analysen, welche ich mit dem (vermeintlich alleinigen) Gadolinit anstellte, sehr von einander abweichende Resultate gaben. Namentlich erhielt ich stets zu wenig Beryllerde und Yttererde, dafür aber mehr Kieselerde und Ceroxydul, und endlich sogar Thon-

erde, welche ich bei früheren Untersuchungen gar nicht gefunden hatte. Ich hätte leicht hierdurch irre geführt und in einzelnen Gadolinitarten eine Substitution der Beryllerde durch Thonerde vermuthen können, wenn ich es nicht für wahrscheinlicher gehalten hätte, dafs eine mechanische Mengung des Gadolinit mit einem anderen Fossile hiervon der Grund seyn könne. In den schwarzen glasartigen Mineralstücken liefs sich aber durchaus keine wesentliche Beimengung eines anderen Fossils erkennen, und es blieb daher nur die Annahme übrig, dafs nur einzelne der kleinen Mineralstücke, die ich zu meinen Untersuchungen angewendet hatte, wirklicher Gadolinit, andere dagegen ein diesem zwar sehr ähnliches, aber doch verschiedenartig zusammengesetztes Mineral gewesen seyen. Die Bestimmung des specifischen Gewichtes war also wohl das beste Prüfungsmittel. Hierdurch wurde das Räthsel schnell gelöst. Ich fand nämlich, dafs sämtliche Mineralstücke, die ich bisher alle für Gadolinit gehalten hatte, dem spec. Gew. nach in zwei Abtheilungen zerfielen. Das spec. Gewicht der einen Abtheilung war 4,35, das der anderen dagegen 3,50. Eins dieser beiden spec. Gewichte stellte sich bei einzelnen Stücken stets mit der grössten Schärfe heraus, und das erste derselben war also genau das, welches ich früher für den Gadolinit gefunden hatte. Dafs alle Mineralstücke von dem spec. Gewichte 4,35 wirklicher Gadolinit waren, ergab sich durch jene Analyse, deren Resultat so eben angeführt wurde.

Das Mineral von dem spec. Gewichte 3,50 mufste also ein von dem Gadolinit wesentlich verschiedenes seyn. Die vorläufige qualitative Untersuchung ergab, dafs es hauptsächlich Kieselerde, Thonerde, Eisenoxydul, Cer-oxydul und Kalkerde enthielt. Durch die Analyse ward folgende Zusammensetzung gefunden:

Kieselerde	32,77
Thonerde	14,32
Eisenoxydul	14,76
Manganoxydul	1,12
Ceroxydul	17,70
Lanthanoxydul	2,31
Yttererde	0,35
Kalkerde	11,18
Talkerde	0,50
Kali	0,76
Wasser	2,51
	<hr/> 98,28.

Es ist dieß Mineral also ein Orthit, in seiner Zusammensetzung am meisten der des Orthits von Fillefjeld <sup>1)</sup> nahe kommend. Man könnte es jedoch auch als einen Allanit betrachten, da der sehr geringe Yttererdegehalt möglicherweise ein zufälliger, durch Einmischung von Gadolinit hervorgebracht seyn könnte. Jedenfalls ist die Formel des Minerals:



wenn man unter R alle darin enthaltenen 1- und 1-atomigen Basen versteht.

Dieser Allanit oder Orthit kommt mit dem Gadolinit in denselben Granitgängen (oder Granitausscheidungen) auf Hitteröen vor. Hr. Prof. Keilhau hat beide Mineralien vor mehreren Jahren von dort her mitgebracht, erkannte darin aber nicht zwei von einander verschiedene Species, was allerdings auch, dem äußeren Ansehen nach, vollkommen unmöglich ist.

Sehr auffallend war es mir anfangs, daß der Allanit von Hitteröen beim Erhitzen *nicht* jene charakteristische Feuererscheinung zeigte, wie sie sich beim Allanit von Jotun-Fjeld und den anderen pyrognomischen Mineralien wahrnehmen läßt. Da derselbe von Säuren

1) Diese Annalen, Bd. LI S. 469.

leicht zersetzt wird, so hatte ich vermuthet, daß er, unter Eintreten der Feuererscheinung in den specifisch schwereren und in Säuren unlöslicheren Zustand übergehen würde. Ersteres war nun durchaus nicht wahrzunehmen; was mir aber hierbei von Wichtigkeit erscheint, ist, daß das Mineral durch das Glühen sein spec. Gewicht auch keineswegs in dem Grade verändert, wie es bei den anderen pyrognomischen Mineralien der Fall ist. Dasselbe ist nämlich nach dem Glühen nur 3,60, steht also zu dem spec. Gewichte vor dem Glühen in dem Verhältnisse wie 100 : 97, während es bei den erwähnten Mineralien wie 100 : 94 ist. Daß aber der Grund, warum der Allanit von Hitteröen keine Feuererscheinung zeige, allein darin zu suchen sey, daß sich sein spec. Gewicht nur etwa um 3 Proc. verändert, während sich das des Allanits von Jotun-Fjeld und des Gadolinit von Hitteröen um 6 Proc. erhöht, erscheint mir kaum einem Zweifel unterworfen. Warum verändert aber dieser Allanit sein spec. Gewicht nicht auch um 6 Proc.? Hiervon dürfte die Ursache nur in der chemischen Zusammensetzung zu suchen seyn. Der Allanit von Hitteröen ist, vor allen von mir untersuchten, hierher gehörigen Mineralien, durch einen Gehalt an *Kali* charakterisirt. Derselbe ist allerdings nur gering; allein er mag vielleicht hinreichend seyn, um, bei dem beginnenden Glühen des Minerals, eine Art von Schmelzung oder doch Sinterung einzuleiten, welche jener dichteren Umgruppierung der Atome, die ich als Grund des Lichtphänomens der pyrognomischen Mineralien betrachte, entgegenarbeitet.

Nach dem Glühen ist dieser Allanit nur unvollkommen aufschliefsbar in erhitzter Salzsäure, aber anscheinend nicht in dem Grade, wie es der Allanit von Jotun-Fjeld nach dem Glühen, oder in dem Grade, wie es der Allanit von Snarum schon vor dem Glühen (in seinem natürlichen Zustande) ist. Der Allanit von Hitteröen steht also hiernach in seinen Eigenschaften zwischen den

andern beiden Allanitarten, und es scheint daher, daß ein Uebergang aus einem pyrognomischen Minerale in ein nicht-pyrognomisches stattfinden könne.

2) Beschreibung der Fundstätten des Gadolinites auf der Insel Hitteröen.

Auf einer mineralogischen Reise, welche ich beim Beginn der Sommerferien dieses Jahres auf Kosten der Norwegischen Regierung unternahm, hatte ich Gelegenheit auch die Insel Hitteröen zu besuchen, und mich mit den äußerst interessanten Fundstätten des Gadolinites, Allanits und anderer Mineralien daselbst bekannt zu machen. In dem Folgenden werde ich eine gedrängte Schilderung meiner, bei dieser Gelegenheit gesammelten Beobachtungen entwerfen.

Die Insel Hitteröen liegt an der Südküste Norwegens, 5 geographische Meilen in gerader, nordwestlicher Richtung vom Cap Lindesnäs entfernt. Ihre größte Längendimension, welche annähernd in der Richtung NW. bis SO. läuft, beträgt etwa 1 geogr. Meile, und ihre größte Breitendimension  $\frac{1}{2}$  Meile. Durch eine Bucht, Rasvaag-Bugten, welche in der NS. Richtung tief in die Insel einschneidet, wird das ganze Areal derselben in zwei inselartige, ungleiche Theile getheilt, von denen der kleinere westliche etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  des Flächeninhalts der ganzen Insel enthalten mag. Die Ufer von Hitteröen erheben sich fast überall steil aus dem Meere, so daß es nur wenige bequeme Landungsplätze an denselben und durchaus keinen Weg giebt, welcher an einer größeren Strecke des Ufers entlang führte. Dicht am Meere sind die Ufer von keiner bedeutenden Höhe; allein die Felsmassen, welche nur hier und da, besonders in der Nähe der Rasvaag-Bucht, einige bebaubare ebene Flecke zwischen sich einschließen, nehmen, nach dem Innern der Insel hin, mehr und mehr an Höhe zu, und steigen dort zu verschiedenen Berggipfeln an, von de-

nen sich der höchste, Langelandsheien genannt (nach einer Barometermessung des Hrn. Bergcandidaten Sell), bis zu einer Höhe von 906 Fufs erhebt.

Die ganze Felmasse von Hitteröen besteht aus einer Gebirgsart, welche der verstorbene Prof. Esmark mit dem Namen »Norit« belegt hat. Die Hauptbestandtheile dieser Gebirgsart sind: ein schmutzig grünlicher oder gelblicher Feldspath (wahrscheinlich Diallage) und ein gräulicher oder bläulicher Quarz. Beide Substanzen treten meist in der Körnigkeit des gewöhnlichen Granits auf, und nur zuweilen bilden sie sich, durch Zunahme oder Abnahme der Gröfse ihrer Körner, zu Extremen der Grob- oder Feinkörnigkeit aus. Stellenweis finden sich Hornblende, schwarzer Glimmer, auch wohl Hypersthen als Gemengtheile dieser Gebirgsart, aber so selten und in so untergeordneter Menge, dafs man durchaus nicht berechtigt ist, diese Mineralien zu den charakteristischen Bestandtheilen des Norits zu zählen. Nirgends auf der ganzen Insel läfst sich eine Schichtung an dieser Gebirgsart beobachten, sondern überall tritt sie massig auf.

An mehreren Stellen der steilen Ufer Hitteröens zeigen sich gangartige Bildungen, welche sich auch selbst dem Auge des nicht geognostischen Beobachters, schon in gröfserer Ferne, durch ihre auffallende Färbung als abweichende Parthien in der monochromen Norit-Formation zu erkennen geben. Die constituirenden Hauptbestandtheile dieser Bildungen sind: fleischrother Orthoklas (zuweilen auch weifser Orthoklas und Albit), weifser Quarz und schwarzer Glimmer. Stets sind dieselben grobkörnig mit einander gemengt, wenigstens grobkörniger als das umgebende Noritgestein erscheint. In den Extremen der Grobkörnigkeit bildet der Feldspath Krystalle von Kubikfufsgröfse <sup>1)</sup> und darüber, der Glim-

1) Hr. Prof. Keilhau brachte ein sehr schönes Exemplar einer solchen gigantischen Bildung von Hitteröen mit, welche jetzt in der christianenser Universitätsammlung aufbewahrt wird.

mer tritt in quadratfußgroßen Tafeln auf, und der Quarz breitet sich in noch weit bedeutenderen Massen dazwischen. An einzelnen Stellen bilden Quarz und Orthoklas ausgezeichneten Schriftgranit, an anderen Stellen, jedoch seltener, ändert sich der weisse Quarz zu schönem Rauchtöpas um. In diesen charakteristischen Granitmassen finden sich als zufällige, hier und dort eingemengte Bestandtheile: Hornblende, Hypersthen, Magneteisenstein, Eisenglanz, ein allanitartiges, stets krystallisirt vorkommendes Mineral; ein Mineral, welches der phosphorsaurer Yttererde gleicht, so wie der von mir untersuchte Gadolinit und Allanit. Mehrere der erstgenannten Mineralien bedürfen jedoch zu ihrer genauen Bestimmung noch einer chemischen Prüfung.

Ferner findet sich in dem Norite, welcher zunächst diesen Granitbildungen liegt, ein mir unbekanntes, anscheinend eisenhaltiges Mineral eingewachsen, in langen, prismatischen Krystallen. Diefs sind nur etwa die hauptsächlichsten der hier untergeordnet vorkommenden Mineralsubstanzen. Noch mehr derselben dürften sich ergeben, wenn ich erst meine zahlreiche, auf Hitteröen gesammelte Mineral-Suite einer näheren Prüfung unterworfen haben werde. Die hierdurch erhaltenen Resultate behalte ich mir vor in diesen Annalen mitzutheilen.

Diese gangartigen Granitbildungen, welche die Matrix jener interessanten Mineralien ausmachen, haben eine sehr verschiedene Mächtigkeit, welche von einigen Zollen bis zu mehreren Ellen wechselt. Sie finden sich, so weit ich mich davon überzeugen konnte, niemals im Innern der Insel, sondern nur an der Küste, also gewissermaßen nur da, wo die Naturkräfte, welche das Inselland vom Festlande isolirten und seine Küsten zerstückten, dem Auge des Beobachters einen Durchschnitt der Felsmassen bereitet haben. Sie zeigen sich nämlich besonders an der Ostseite der Rasvaag-Bucht, ferner an der Nordseite der Insel und an der Südseite des gegen-



überliegenden Festlandes; allein nur an der erstgenannten Stelle habe ich sie reichhaltig an jenen mineralogischen Seltenheiten gefunden. Auch an diesem Küstenstriche sind sich natürlich nicht alle Granitparthien (von denen etwa gegen zehn gröfsere vorkommen mögen) an Reichhaltigkeit gleich. Während ich in einzelnen nur Spuren traf, fand ich in anderen Gadolinit- und Allanitstücke, von mehreren Kubikzollen Gröfse. Wie sehr viel häufiger als an anderen Orten diese sonst so sparsam verbreiteten Mineralien hier vorkommen, ergibt sich daraus, dafs ich, in einer Zeit von drei Tagen über *sieben Pfund* davon zu sammeln im Stande war. Die ganze Quantität dieser Mineralien, welche Hr. Prof. Keilhau früher und ich jetzt von Hitteröen mitgebracht haben, mag sich wenigstens auf *zwölf Pfund* belaufen. Dennoch gestatteten mir weder Zeit noch Umstände die reichhaltigen Felsen dieser Insel aller ihrer Schätze zu berauben. Schon diejenigen Gadolinit- und Allanitstücke, welche zu Tage ausstanden, und die ich nicht ausminirte, werden einem nachfolgenden Sammler eine reiche Ausbeute sichern; allein es ist keinem Zweifel unterworfen, dafs man durch Sprengen in den Granitmassen auch noch auf neue Schätze treffen wird.

Ich habe diese Granitparthien, inmitten des umgebenden Norits, *gangartige* Bildungen genannt. Es ist diefs mit Absicht geschehen; denn in der That *ähneln* sie nur Gängen, ohne ihnen aber völlig gleich zu kommen. Sobald wir nämlich, nach der Werner'schen Theorie, annehmen, dafs Gänge: *nachmals ausgefüllte Spalten in festen Gesteinsarten sind*, so können diese Granitvorkommnisse keine Ansprüche auf eine solche Benennung machen. Allerdings ist ihre Masse der des umgebenden Gesteins fremdartig, und man mufs annehmen, dafs dieselbe, durch irgend eine Kraft, an die Orte hingeführt wurde; woselbst sie sich jetzt befindet; allein das Verhältnifs dieser Granitparthien zum umgebenden Ge-

steine ist durchaus nicht mit dem Auftreten von Basaltgängen vergleichbar, bei denen sich die Spuren des flüssigen Emporsteigens der Gangmasse in das zurückgedrängte und *zerbrochene* Nebengestein oft auf das Evidenteste erkennen lassen. Hält sich auch stellenweis der Granit vollkommen scharf vom Norit gesondert, und erscheint er hier als ein aus der Tiefe, über das Meeresniveau emporsteigender, meist mehr höhlicher als steiler Gang: so verändert er doch sehr bald mehr oder weniger diesen Charakter, und wird entweder aderartig, oder die scharfen Gränzen zwischen seiner Masse und der des Nebengesteins gehen durchaus verloren, und Norit und Granit scheinen so zu sagen *in einander geknetet*. Niemals habe ich (was meine Meinung sehr unterstützt) scharfkantige Bruchstücke des ersteren Gesteins von dem letzteren umschlossen gefunden, obwohl doch ein solches Phänomen bei Basaltgängen keineswegs zu den Seltenheiten gehört. Die ganze Erscheinung dieser Granitparthien im Norite zwingt dem Beobachter die Idee ab, *dafs der Granit im flüssigen Zustande zu einer Zeit in den Norit hineingepreßt oder, vielleicht besser gesagt, mit ihm gemischt worden sey, als sich auch dieser noch in einem breiartigen, oder wenigstens nicht vollkommen erhärteten Zustande befand*. Es scheint ferner, als sey die Kraft, welche den Granit emporsteigen machte, nicht mächtig genug gewesen, um ihn bis zur damaligen Oberfläche des Norites emporzutreiben. Deswegen mag es kommen, dafs man ersteren niemals im Innern der Insel, sondern nur da beobachtet, wo Buchten oder Meeren das Land zerschneiden.

Ich könnte diese vermuthete Thatsache noch durch mancherlei Specialien näher beleuchten, wenn ich nicht fürchtete weitläufiger in ein Thema einzugehen, welches nicht ganz in den Gränzen dieser skizzirenden Beschreibung liegt. In einer späteren Abhandlung gedenke ich jedoch ausführlichere Mittheilungen über dergleichen gang-

*artige* Vorkommnisse in Norwegen zu machen, welche hierselbst (so wie auch in Schweden) in größerer Häufigkeit angetroffen werden dürften, als in anderen Ländern. Einige allgemeine Andeutungen über solche Vorkommnisse habe ich bereits in einem Aufsätze in Karsten's Archiv gegeben.

Von ganz besonderem Interesse sind die gangartigen Granitparthien, wegen der Aufschlüsse, welche sie, hinsichtlich der successiven Bildung einiger der sie constituirenden Bestandtheile gewähren. Es läßt sich nämlich überall mit Deutlichkeit erkennen, daß der Feldspath *früher* krystallisirt oder erhärtet ist, als Glimmer und Quarz. Der erstere erzwingt sich überall Platz zur vollkommenen Ausbildung seiner Krystalle, während sich die Glimmerblätter, so zu sagen, seiner Macht fügen, und der Quarz, auf das Evidenteste, nur alle von beiden übrig gelassenen Räume, in unkrystallinischer Gestalt, ausfüllt. Der zuweilen vorkommende Schriftgranit gewährt ein sehr instructives Bild von dem Kampfe zweier (mit einander in flüssiger Substanz gemengter) Mineralien, um das Recht des Zuerst-Krystallisirens. In diesem Kampfe hat sich der Feldspath stets als Sieger gezeigt. Er bildet seine großen Krystalle mit völliger Schärfe aus, trotz der mannigfachen Quarzparthien in seinem Innern, welche, von allen Seiten her zusammengedrückt, es kaum zu einer Aehnlichkeit mit verbogenen und gepressten Quarzkrystallen bringen können. Welcher Umstand könnte wohl einen klareren Beweis dafür liefern, daß der Quarz noch flüssig oder doch noch weich war, als der Feldspath schon krysstallisirte? Diefs ist aber eine sehr wichtige Thatsache, welche die Aufmerksamkeit der Geognosten in hohem Grade verdient. Nach gewöhnlichen, vulkanischen Principien, nach denen wir uns alle Gebirgsarten als ursprünglich feurig flüssig denken, kann dieselbe durchaus nicht erklärt werden; denn Kiesel-erde für sich schmilzt bekanntlich weit schwerer und sollte demnach weit früher erstarren, als ein Silicat von

Thonerde und Kali. Hiernach sollte man also schließen, daß sich der Quarz überall in Krystallen ausgebildet und der Feldspath von ihm unterdrückt finden müßte. Da sich dies aber gerade im umgekehrten Verhältniß zeigt, so muß sich daraus ein sprechender Beweis für die nicht genug zu würdigende Thatsache ergeben: daß, bei der Entstehung des Urgebirges, das *Feuer allein* nicht alle Wunder gethan habe, sondern daß die richtigste Vorstellung von der Entstehung der krystallinischen Gebirgsarten wohl immer die bleibt, bei der wir dem Wasser und dem Feuer gleiche Schöpfungsrechte einräumen. Nur durch solches Zusammenwirken dieser beiden verschiedenartigen Kräfte können Phänomene der erwähnten Art erklärt werden. Und selbst diese beiden starken Agentien dürften nicht ausreichend seyn, um das Urgebirge aus seinen Bestandtheilen in solcher Gestalt hervorgehen zu lassen, in der es sich jetzt unsern Blicken darbietet.

Was den Bildungs- (Erstarrungs-) Moment des Gadolinit betrifft, so scheint dieser noch früher als der des Feldspaths eingetreten zu seyn. Nämlich überall wo ein Gadolinitkorn vom Feldspathe umgeben ist (nie habe ich ein solches rings von Quarz umschlossen gefunden) erscheint letzterer mit seinen Blätterdurchgängen, mehr oder weniger deutlich, sternförmig um dasselbe angeordnet, ganz wie es mit Krystallen zu geschehen pflegt, welche sich um einen festen Kern ansetzen, wie es z. B. mit Incrustirungen von Gyps, kohlensaurem Kalk u. s. w. der Fall ist. Schon Hausmann hat in seiner »Reise durch Scandinavien,« bei der Beschreibung der berühmten Mineralfundstätte von Finbo, auf diese eigenthümliche Erscheinung aufmerksam gemacht.

Zuletzt kann ich es nicht unerwähnt lassen, daß Gadolinit und Allanit nicht zu so großen Seltenheiten, so zu sagen örtlichen Abnormitäten in den Felsgebilden zu gehören scheinen, wie man bisher geglaubt hat. Es schei-

nen diese Mineralien vielmehr charakteristische Bestandtheile jenes gangartig vorkommenden Granits zu seyn, welcher an vielen Orten in Norwegen (und nicht unwahrscheinlich auch in Schweden) in dem Bereich des Urgebirges auftritt. Ich fand diese Formation des gangartigen Granits z. B. in der ganzen Umgegend von Arendal, auf den benachbarten Inseln, auf dem Küstenstriche zwischen Arendal und Tredestrand, und endlich von dort bis nach Näs-Eisenwerk, also einem Flächeninhalte von mehreren Quadratmeilen, sehr häufig in der hier überall herrschenden Ur-Gneusformation auftretend. An wenigstens zwanzig verschiedenen Stellen dieses Terrains habe ich in diesen gangartigen Granitbildungen (welche mit denen von Hitteröen die größte Aehnlichkeit hatten), theils gadolinitartige, theils allanitartige Mineralien gefunden, deren genauere Charakteristik sich aber erst durch die chemische Untersuchung ergeben wird. Es könnte also hier nach erscheinen, als seyen diese Mineralien, mit ihren mancherlei seltenen Bestandtheilen, von jenen Granitmassen einer größeren Tiefe der Erde entführt, in welcher Yttererde, Beryllerde, Cer und Lanthan so häufig vorkommen möchten, wie die weniger specifisch schwereren Stoffe: Kieselerde, Thonerde, Kali u. s. w. in den obersten Schichten der Erdkruste.

3) Einige analytische Erfahrungen bei der Analyse obiger Mineralien gesammelt.

*Trennung der Beryllerde vom Eisenoxyd etc.* Bei der Analyse des Gadolinit von Hitteröen habe ich mich überzeugt, daß kaustisches Kali kein gutes Mittel abgiebt, die Beryllerde aus einem Niederschlage zu extrahiren, welcher außerdem noch Eisenoxyd, Ceroxydul, Lanthanoxyd und Yttererde enthält. Dieß Mittel ist sogar in dem Grade ungenau, daß man durch dasselbe bei der Analyse des Gadolinit nur etwa 3 Proc. Beryllerde, anstatt 10 Proc. erhält, selbst wenn man sich der, vom

Hrn. Grafen von Schaffgotsch angegebenen Vorsicht bedient, den Niederschlag mit der kaustischen Kalilauge nicht zu kochen, sondern kalt damit zu digeriren. Scheidet man Yttererde, Ceroxydul und Lanthanoxyd von dem Niederschlage, und versucht dann die Trennung der Beryllerde vom Eisenoxyde durch kaustische Kalilauge zu bewirken, so ist das Resultat besser, aber dennoch bei weitem nicht genügend. Man erhält dann nämlich etwa 6 Proc. Beryllerde. Es muß daher das kaustische Kali, als Extractionsmittel für die Beryllerde gänzlich verworfen werden. Sehr genügende Resultate erhält man dagegen durch Anwendung der in der vorigen Abhandlung erwähnten Methode, nämlich durch vorhergehende Abscheidung von Yttererde, Cer und Lanthan, nachfolgendes Digeriren des Gemenges von Eisenoxyd und Beryllerde mit concentrirter kohlensaurer Ammoniak-Solution, und Ausfällung des zugleich aufgelösten Eisenoxyds mittelst Schwefelammoniums.

*Trennung der Yttererde vom Eisenoxyd.* Diese läßt sich, wie schon angeführt, sehr gut durch oxalsaures Kali bewirken. Enthält die Auflösung Kali in genügender Menge, so kann man auch oxalsaures Ammoniak anwenden. Es kommt bei dieser Trennung hauptsächlich darauf an, daß keine freie Säure vorhanden ist, weil von dieser sonst ein Theil der oxalsauren Yttererde aufgelöst werden würde. Zur Vermeidung dieses Umstandes muß man die salzsaure Auflösung der Yttererde und des Eisenoxyds so lange mit Ammoniak sättigen, bis ihre hellgelbe Farbe in eine dunkelgelbe übergeht. Als dann setzt man eine Quantität essigsaurer Ammoniak-Solution (etwa 1 bis 2 Kubkz.) hinzu, wodurch die Flüssigkeit eine granatrothe Färbung erhält, und nun zur Fällung durch oxalsaures Kali oder Ammoniak hinlänglich vorbereitet ist. Die ersten hinzugefügten Quantitäten von einem dieser beiden Reagentien bewirken keinen dauernden Niederschlag, sondern verändern die rothe Farbe

Farbe der Flüssigkeit nur zu einer gelben. Erst hierauf bildet sich ein weißer Niederschlag, der beim Umrühren nicht wieder verschwindet <sup>1)</sup>). Es ist nothwendig, daß man denselben, etwa während 24 Stunden, an einem temperirten Orte, der Ruhe überläßt, wodurch er sich besser filtriren läßt. Derselbe besteht in einem krystallinischen Doppelsalze von oxalsaurer Yttererde und oxalsaurem Kali, welches durch Glühen leicht in Yttererde und kohlen-saures Kali umgewandelt wird. Man kann jedoch nicht gut dadurch die Yttererde bestimmen, daß man dieß Gemenge mit Wasser übergießt und darauf filtrirt. Die Yttererde befindet sich nämlich in einem so fein zertheilten Zustande, daß es äußerst schwer ist, sie abzufiltriren; man muß daher das Gemenge in Salzsäure lösen, die Solution mit vielem Wasser verdünnen und die Fällung der Yttererde durch kaustisches Ammoniak bewirken. Dieselbe muß dann mit kochendem Wasser sehr sorgfältig ausgewaschen werden. Es scheint aber, daß man selbst hierdurch nicht die Yttererde von jeder Spur Kali befreien kann. — War die Auflösung der Yttererde und des Eisenoxyds durch Sättigung mittelst Ammoniak röthlich, statt gelb gefärbt, so enthält der, nach Hinzufügung von essigsaurem Ammoniak, durch oxalsaures Kali hervorgebrachte Niederschlag mehr oder weniger Eisenoxyd, was sich schon durch seine Farbe zu erkennen giebt. — Sind, außer der Yttererde und dem Eisenoxyd, noch Cer und Lanthan in der Auflösung vorhanden, so werden diese zugleich mit der Yttererde gefällt. Auch von dem Uranoxyde können Yttererde, Cer und Lanthan auf solche Art getrennt werden.

*Trennung des Ceroxyds und Lanthanoxyds vom Eisenoxyd.* Auch hierzu kann man sich der eben angeführten Methode bedienen. In vielen Fällen mag es aber bequemer seyn, das schwefelsaure Kali als Trennungsmittel anzuwenden. Man darf dann aber nicht verges-

1) Diese Annalen, Bd. LI S. 470.

sen, worauf ich schon früher aufmerksam gemacht habe <sup>1)</sup>, daß die hierdurch erhaltenen Doppelsalze des Cer- und Lanthanoxyduls mit dem schwefelsauren Kali stets mehr oder weniger durch schwefelsaures Eisenoxyd verunreinigt sind, je nachdem die Auflösung mehr oder weniger concentrirt war. Diese Verunreinigung kann 7 Proc. und mehr von der Menge des Ceroxyduls und Lanthanoxyduls betragen. Die durch Eisen verunreinigten Doppelsalze müssen daher in vielem, mit etwas Salzsäure versetztem Wasser, bei Anwendung von Wärme gelöst und mit kaustischem Kali gefällt werden. Dieser Niederschlag wird dann in Salzsäure gelöst und abermals mit schwefelsaurem Kali behandelt, wodurch jene Menge Eisenoxyd aufgelöst bleibt.

*Trennung des Lanthanoxyduls vom Ceroxydul.* Es ist äußerst schwierig beide gänzlich frei von basischen Salzen des Cer und Lanthans, oder auch frei von geringen Antheilen Alkali zu erhalten. Wendet man nun die einzige, bisher bekannte Vorschrift zur Trennung beider Körper an, nämlich die von Mosander angegebene Methode (Extraction durch etwa 50fach verdünnte Salpetersäure), so kann man nie sicher seyn, ob durch jene Verunreinigungen nicht auch mehr oder weniger bedeutende Quantitäten von Cer aufgelöst werden. Um daher, was mir eine Hauptsache zu seyn scheint, völlig reine Oxyde zu erhalten, habe ich das auf gewöhnlichem Wege bei meinen Analysen erhaltene Ceroxyd und Lanthanoxyd stets wieder in Salzsäure gelöst, die Solution möglichst scharf durch Ammoniak gesättigt, dann essigsäures Ammoniak hinzugefügt, und durch oxalsaures Ammoniak gefällt. Der Niederschlag ist allerdings, selbst nach 24-stündiger Ruhe, schwer zu filtriren; allein bei Anwendung von doppeltem Filtrum und bei wiederholtem Aufgießen der trübe durchgelaufenen Flüssigkeit glückt es zuletzt. Durch Glühen der erhaltenen oxalsauren Salze

1) Diese Annalen, Bd. LI S. 468.



kann man nun sicher seyn, völlig reine Oxyde zur Extraction mit verdünnter Salpetersäure zu erhalten. Geschieht das Glühen bei nicht zu starker Hitze in einem bedeckten Platintiegel, so erhält man hierdurch fast ganz weisses Ceroxydul und Lanthanoxyd. Das Gemenge beider färbt sich aber schnell bräunlich, sobald sie einem heissen Luftstrome ausgesetzt werden.

*Unterscheidung des Lanthans vom Cer.* Wenn man Lanthanoxyd, ohne Anwendung einer erhöhten Temperatur, in Salpetersäure auflöst, die Lösung mit mehr oder weniger Wasser verdünnt und dann eine Kruste von neutralem schwefelsauren Kali hineinstellt, so setzt sich (sobald sich die Flüssigkeit hinreichend mit schwefelsaurem Kali gesättigt hat) ein krystallinischer, schön *orangeroth* gefärbter Niederschlag ab. Die zuletzt (zuweilen nach etwa 24 Stunden) entstehenden Krystallkrusten sind meist noch dunkler gefärbt, weil die Krystalle gröfser sind. Sie haben eine Farbe, welche fast der des sauren chromsauren Kali gleich kommt. Behandelt man dagegen Ceroxyd auf ganz gleiche Weise, so erhält man einen *schwach schwefelgelb* gefärbten krystallinischen Niederschlag. Möglicherweise würde der Niederschlag ganz weifs erscheinen, wenn man im Stande wäre das Ceroxyd von jeder Spur Lanthan zu befreien. Die Auflösung des Ceroxyds in Salpetersäure geschieht übrigens nicht leicht. Man mufs beide unter öfterem Umschütteln mehrere Tage lang mit einander in Berührung lassen; und selbst dann ist gewöhnlich noch nicht alles Cer aufgelöst.

Jener orangerothe Niederschlag wird auch erhalten, wenn man, aus einem Gemenge von Ceroxyd und Lanthanoxyd, das letztere mittelst 50fach verdünnter Salpetersäure auszieht, und diese Auflösung mit schwefelsaurem Kali behandelt. Bis zur Bildung des Niederschlags dauert es dann nur, wegen Verdünnung der Auflösung, längere Zeit als im erst angeführten Falle <sup>1)</sup>.

1) Wurde die früher erwähnte gelb gefärbte Yttererde in 50fach ver-

Wird die Auflösung des salpetersauren Lanthanoxyds, vor der Fällung mit schwefelsaurem Kali, gekocht, so ist der später erhaltene Niederschlag lebhaft *citronengelb* gefärbt, aber ohne Nüance von Roth.

Versetzt man die Auflösung des salpetersauren Lanthanoxyds mit Salzsäure, so bringt schwefelsaures Kali darin einen noch weniger lebhaft gelb, etwa *schwefelgelb*, gefärbten Niederschlag hervor.

Wenn man endlich zu einer salpetersauren Lanthanoxyd-Auflösung nicht allein Salzsäure setzt, sondern sie auch nachher noch kocht, so wird hierdurch ein vollkommen *weiß*er Niederschlag erhalten.

Werden diese drei zuletzt angeführten Operationen mit Cer, anstatt mit Lanthan, vorgenommen, so erhält man, in *allen* Fällen, nur *weiße* Niederschläge.

Es scheint also hiernach, daß es das Lanthanoxyd sey, welches diese Farbennüancen zwischen Gelb und Roth hervorbringt, und daß diese höhere Oxydationsstufe des Lanthans sowohl durch Siedhitze, als durch Salzsäure *theilweise*, durch Anwendung beider Mittel aber *gänzlich* zu Oxydul umgewandelt würde.

#### 4) Ueber die stöchiometrische Constitution des Gadolinit und der Beryllerde.

Von verschiedenen Chemikern sind in Gadolinitarten verschiedener Fundorte sehr von einander abweichende Mengen von Beryllerde gefunden worden, nämlich von:

Berzelius, im Gadolinit von Kärarfvet 1,7 bis 2 Proc.  
Ekeberg, im Gadolinit von Ytterby 4,5 Proc.

dünnter Salpetersäure gelöst (was sehr leicht, und ohne Rückstand, geschah) und dann eine Kruste von schwefelsaurem Kali hinzugefügt, so ward hierdurch keine Spur eines gelben Niederschlags erhalten. Das Metalloxyd, welches die Yttererde verunreinigte, konnte also *nicht* Lanthanoxyd seyn.

Connell, im Gadolinit von Fahlun 5,9 Proc.  
 Thomson und Steele, in einem Gadoli-  
 nit von unbekanntem Fundorte 11,6  
 und endlich von mir, im Gadolinit von Hit-  
 teröben 10,18 -

Es fragt sich nun zuerst: sind diese verschiedenen Gehalte von Beryllerde auch alle als richtig zu betrachten? Es wäre nämlich möglich, daß mehrere der genannten Chemiker sich des kaustischen Kalis als Extractionsmittel für die Beryllerde bedient, und dadurch, wie ich eben gezeigt, einen zu geringen Gehalt an Beryllerde aufgefunden haben könnten. Daher wird es nöthig seyn die analytischen Verfahrensarten, welche diese Chemiker befolgt haben, näher zu betrachten.

Berzelius <sup>1)</sup> bestimmte die Beryllerde des Gadolinit von Kärarfvet auf folgende Weise. Die von der Kieselerde abfiltrirte salzsaure Lösung ward zuerst durch bernsteinsaures Ammoniak vom Eisenoxyde befreit und dann mit Ammoniak gefällt. Der Niederschlag enthielt Yttererde, Beryllerde, Ceroxydul und Manganoxydul. Derselbe wurde geglüht und darauf mit verdünnter Salpetersäure behandelt, wodurch Yttererde und Ceroxydul (Lanthanoxydul?) ausgezogen wurden. Das rückständige Gemenge von Beryllerde und Manganoxydul wurde nun in Salzsäure gelöst, und ein Uebermaafs von kaustischem Kali hinzugefügt. Gekocht wurde die Flüssigkeit nicht; wenigstens ist dies nicht angeführt. Durch das kaustische Kali wurden hierdurch bei einem Versuche 1,75, bei einem anderen 2,0 Proc. Beryllerde ausgezogen. Das zurückbleibende Manganoxydul (welches sich als cerhaltig erwies) betrug in den entsprechenden Fällen 1,42 und 1,30 Proc. Daß die verdünnte Salpetersäure keine Beryllerde aufgelöst hatte, ergab sich daraus, daß die Auflösung der Yttererde, mit kaustischem Kali in gro-

1) Schweigger's Journal für Chemie und Physik, Bd. XXI S. 264 u. f.

isem Uebermaasse versetzt, keine Spur von Beryllerde aufgelöst zeigte. Der Beryllerdegehalt von 1,75 bis 2,0 Proc., welchen Berzelius für den Gadolinit von Kärarfvat angiebt, ist daher gewiß als richtig, oder wenigstens der Wahrheit sehr nahe kommend, anzunehmen.

Connell <sup>1)</sup> versetzte die von der Kieselerde abfiltrirte salzsaure Solution, nachdem vorher alles Cer durch schwefelsaures Kali abgeschieden worden war, mit Weinsteinsäure, und präcipitirte das Eisen mittelst Schwefelammonium. Die von diesem Niederschlage getrennte Flüssigkeit ward eingedampft und, bis zum Verbrennen der Weinsteinsäure, geglüht. Die eingeäscherte Masse, welche Yttererde und Beryllerde enthielt, ward in Salzsäure gelöst, die Lösung annähernd durch Ammoniak neutralisirt und mit oxalsaurem Ammoniak gefällt <sup>2)</sup>, wodurch fast alle Yttererde niedergeschlagen wurde. Die rückständige Solution ward nun mit einem Ueberschuß von kaustischem Kali *gekocht*. Das Nichtgelöste ward zum zweiten Male mit kaustischem Kali behandelt; ob wieder gekocht wurde, ist nicht angegeben. Der von Connell gefundene Beryllerdegehalt dürfte daher vielleicht wohl etwas zu niedrig seyn.

Ueber das Verfahren, welches Thomson und Steele bei ihrer Analyse anwendeten, habe ich keine genauen Angaben erhalten können.

Was nun diejenigen Gadolinite betrifft, in denen keine Beryllerde gefunden wurde, so ist hierbei kein Irrthum, durch ein mangelhaftes analytisches Verfahren, anzunehmen, da durch ein solches wohl zu *wenig* Beryllerde hätte gefunden, dieselbe aber doch nicht ganz hätte übersehen werden können. So viel erscheint da-

1) *Edinburgh new philosoph. Journ. T. XX p. 300.*

2) Connell hatte sich auch schon davon überzeugt, daß Beryllerde und Yttererde durch kaustisches Kali nicht scharf von einander zu trennen seyn.

her mit völliger Sicherheit ausgemacht zu seyn, *dass es beryllerdehaltige und beryllerdefreie Gadolinite giebt, und dass erstere mit sehr verschiedenem Beryllerdegehalte vorkommen.*

Es spricht dies gewiss sehr für v. Kobell's und meine frühere Annahme, dass nämlich die Beryllerde als 1- und 1atomige Basis betrachtet werden müsse. Jedoch bedarf es jetzt, nachdem wir durch v. Awdejew's schöne Arbeit <sup>1)</sup> über die Zusammensetzung der Beryllerde so interessante Aufschlüsse erhalten haben, wohl kaum noch weiterer Beweise für jene Annahme.

Was die chemische Formel der Gadolinite betrifft, so gedenke ich mich später darüber auszusprechen, da mir v. Awdejew's Arbeit zu spät in die Hände kam, als dass ich Zeit gehabt hätte die darin enthaltenen neuen Thatsachen schon jetzt bei dieser Frage gehörig zu würdigen.

### Nachschrift.

(Ein neues Metall, *Didym*, betreffend.)

Durch meinen, in der chemischen Section der Naturforscher-Versammlung zu Stockholm gehaltenen Vortrag, über einige der eben abgehandelten Thatsachen, fühlte sich Hr. Prof. Mosander veranlasst, den anwesenden Mitgliedern jener Section einige Mittheilungen von hohem Interesse zu machen, deren Hauptinhalt ich hier in Kürze (von Hrn. Prof. Mosander dazu autorisirt) wiedergeben will.

Derjenige Körper, welchen man noch vor wenigen Jahren für Ceroxyd hielt, und in welchem Mosander das Lanthan als Bestandtheil auffand, enthält, aufser jenen beiden Metallen (Cer und Lanthan), noch ein drittes, welches Mosander »*Didym*« genannt hat, da es gewissermaßen als Zwillingsbruder des Lanthans und, wie

1) S. 101 dieses Bandes d. Annalen.

es bis jetzt scheint, leider als ein sehr *unzertrennlicher* desselben) auftritt. Es ist das Didymoxyd, welches dem (sogenannten) Ceroxyde seine braune Farbe mittheilt, und welches zugleich der Grund ist, daß einige Salze der Yttererde zuweilen eine mehr oder weniger starke rosenrothe oder amethystrothe Farbe besitzen. Reines Ceroxyd und Lanthanoxyd erscheinen fast farblos, und dürften in vollkommen reinem Zustande wohl gänzlich farblos seyn. Ceroxydhydrat ist schwefelgelb. Schwefelsaures Didymoxyd besitzt eine Farbe, welche zwischen Rosenroth und Amethystroth steht. Wird das braune Didymoxyd einer starken Glühhitze ausgesetzt, so verliert es seine Farbe und wird schmutzigweiß. Zugleich scheint es, als ob hierdurch sein Gewicht durchaus nicht verändert würde. Hr. Prof. Mosander fügte auch hinzu, daß aus einem Gemenge von Ceroxyd und Lanthanoxyd das letztere sich nur unvollkommen durch sehr verdünnte Salpetersäure ausziehen läßt. Ein Theil des Lanthans bleibt hierbei stets zurück, und ein Theil des Ceroxyds wird mit aufgelöst. Geglühtes Ceroxyd ist allerdings vollkommen unlöslich in verdünnter Salpetersäure, *aber nicht, wenn es mit Lanthanoxyd gemengt ist.* Trotz dem, daß Hr. Prof. Mosander sich nun schon mehrere Jahre lang mit diesen interessanten Körpern beschäftigt (das Didym kennt er bereits seit etwa  $1\frac{1}{2}$  Jahr), so ist es ihm doch bis jetzt durchaus nicht gelungen, eine gute Methode zur vollkommenen Isolirung derselben ausfindig zu machen. Allein nicht eher, als bis er die Natur dieser drei Metalle und ihrer Verbindungen gründlich ausgemittelt hat, dürfen wir von ihm weitere Mittheilungen darüber erwarten.

Es ergibt sich aus diesen Thatsachen mit großer Wahrscheinlichkeit, daß die von mir vorhin angeführte Reaction, welche ich dem Lanthanoxyd zuschrieb, *nicht diesem, sondern dem Ceroxyd zukommt.* Jedoch finden hierbei allerdings noch einige mir bis jetzt unerklärliche

Umstände statt. Ferner ergibt sich, daß jenes färbende Oxyd, welches die Yttererde des Gadolinites von Hitteröen begleitet, und in welchem ich einen neuen Körper zu ahnen wagte, wahrscheinlich Didymoxyd ist.

Hr. Prof. Mosander rath übrigens jedem Chemiker, welcher sich mit der Untersuchung cer-, lanthan- und didymhaltiger Verbindungen abgiebt, sich einstweilen zu begnügen nur die Summe dieser drei Oxyde zu bestimmen, bis eine gute Trennungsmethode ausfindig gemacht ist. Approximative Bestimmungen der relativen Mengen derselben sind ohne Nutzen, und können sogar zu Fehlschlüssen verleiten.

**XIV. Ueber die wie Kork auf Wasser schwimmenden Mauersteine der alten Griechen und Römer, deren Nutzen, leichte Nachbildung und reichlich vorhandenes Material in Deutschland;  
von C. G. Ehrenberg.**

(Aus den Monatsberichten der Academie. Maistück 1842.)

**E**s hat seit alten Zeiten als eine Wunderbarkeit Interesse erregt, daß es Steine giebt, welche schwimmen. Den Griechen und Römern waren die schwimmenden Steine schon sehr bekannt, da in ihren Ländern sich vulkanische Gegenden fanden, welche Bimstein in Menge lieferten, und die Kinder schon spielten wahrscheinlich mit den schwimmenden Steinen, wie man denn in den Bädern die feineren Sorten, besonders die von der Insel *Sciros*, zum Abreiben und Zartmachen der Oberhaut wohl sehr allgemein verwendete.

Außer diesem Interesse der Sonderbarkeit, welches etwa dem der fliegenden Fische gleich kommt, erhielten

aber schon frühzeitig die schwimmenden Steine ein weit größeres Interesse.

Der Historiker Posidonius und nach ihm Strabo, berichten, daß es in Spanien eine thonartige Erde gebe, die man zum Poliren des Silbers brauche und aus der man dort Bausteine forme, welche auf dem Wasser schwimmen. Aehnliches geschehe auf einer Insel des tyrrhenischen Meeres und in Pitane Asiens.

Vitruvius Pollio, der römische Baumeister, hat sich über diese Steine als ein wegen seiner Leichtigkeit zum Bauen ganz besonders zu empfehlendes Material geäußert, und auch Plinius hat diese bimssteinartige *aber formbare* Erde als eine Sache von größter Nützlichkeit angepriesen.

Diese alten Nachrichten sind Jahrtausende lang ohne andere als die sehr locale Anwendung geblieben, weil das Material sonst nicht zu haben war.

Im Jahre 1791, also nach 1700 Jahren erst, hat ein Italiener, Giovane Fabroni, eine Erneuerung und Erweiterung der Kenntnisse dieser Art dadurch herbeigeführt, daß er Versuche zum Formen von Bausteinen mit einer als Bergmehl bezeichneten Kieselerde machte, die sich bei Santafiora in Toscana findet, und es gelang ihm wirklich, so leichte Ziegelsteine daraus zu bereiten, daß sie auf Wasser schwammen. Sie verbanden sich dabei gut mit Mörtel, und widerstanden der Erweichung durch Wasser vollständig. Diese Steine waren so schlechte Wärmeleiter, daß man ein Ende derselben in der Hand halten konnte, während das andere rothglühend war. Er machte ferner auf einem alten Fahrzeuge das Experiment, eine viereckige Kammer aus solchen Steinen zu wölben und mit Schießpulver anzufüllen. Das mit Holz bedeckte Schiff brannte ganz ab, und als der Boden der Pulverkammer weggebrannt war, versank es ohne Entzündung des Pulvers. Seine Abhandlung: *Di una singolarissima specie di mattoni* wurde in der Academie zu Florenz



vorgetragen, und dann in mehrere technische Journale und Einzelwerke in Italien aufgenommen.

In jener Zeit hatte auch Hr. Faujas bei Coiron in Frankreich, unfern der Rhone, eine eigenthümliche Erdart bemerkt, und Fabroni fand bei seiner Anwesenheit in Paris, daß sie ganz die gleichen Charaktere des von ihm in Italien zu den leichten Steinen benutzten Bergmehls habe. Deshalb veranlaßte der Kriegsminister Hrn. Faujas zu einer wiederholten speciellen Untersuchung jener Erde und ihrer Localität. Die damaligen anderen Kriegsoperationen oder die geringe Ergiebigkeit an Material, haben aber, wie es scheint, die weitere Benutzung unterbrochen.

Im Jahre 1832 machte der Comte Français de Nantes, Pair von Frankreich, durch das *Journal des connaissances utiles* seine Landsleute mit jener Entdeckung des Fabroni von Neuem bekannt, und forderte sie zu deren Bestätigung und Benutzung in Frankreich auf: *Il est fort à souhaiter que l'on cherche et que l'on découvre en France cette substance blanche et pulvérulente commune en Toscane et connue sous le nom de Farine fossile. Avec cette poussière on fabrique des tuiles inaltérables et éternelles qui surnagent sur l'eau et je puis en montrer quelques unes, qui furent faites il y a deux mille ans.*

Hierauf hat der sehr rühmlich bekannte Director der Bergwerksangelegenheiten von Pont-Gibaud, Hr. Fournet, in Lyon 1832 einen Aufsatz drucken lassen: *Notice sur la silice gélatineuse de Ceyssat, près de Pond Gibaud, département de Puy de Dome, et sur son emploi dans les arts*, worin derselbe die Gleichheit dieser Erde mit der italienischen anzeigt, und die von Herrn Fabroni angegebenen Eigenschaften so wie ihre technische Nützlichkeit und Wichtigkeit bestätigt.

Hr. Fournet fand, daß aus dieser Erde bereitete gebrannte Steine sich mit dem Messer leicht schneiden

lassen, leicht Sculptur aufnehmen zu Abgüssen von Metall, und den Abguss leicht loslassen, weshalb er sie für viel vortheilhafter hält als Sepien Schulpen, indem man sie beliebig groß formen könne. Ferner empfiehlt er diese Kieselerde für Glashütten als Holz sparend gegen den Sand, so wie zu porösen Abkühlungsgefäßen für heiße Länder, da man sie durch Ausglühen leicht reinigen könne. Mit Talg oder Wachs überzogen, schwammen diese Steine auf Wasser. Ferner sagt er: man sieht leicht den Nutzen ein, welchen eine so leichte Substanz für die Marine haben muß. Die Pulverkammer, die Küche, die Heerde der Dampfmaschinen, die Orte wo Spirituosen aufbewahrt, und die, wo leicht glühende Kugeln eingeschlossen werden, lassen sich dadurch sicher machen. Eben so ist sie wichtig für die Gewölbe der Schmelzöfen, und alle Öfen, wo man die Hitze zu hohen Temperaturen concentriren will, weil sie nicht schmilzt und sich wenig zusammenzieht.

Später hat der Graf Montlosier auch auf seiner Domaine von Randamme dergleichen Erde gefunden, und Hr. Leopoldo Pelli-Fabroni in Florenz hat 1838 von Neuem die Aufmerksamkeit auf die Anwendung solcher Steine gegen Feuersgefahr hingelenkt. Uebrigens ist die Anwendung desselben Materials in Griechenland wohl auch schon lange in Gebrauch, da ein solches Bergmehl aus Zante in des verstorbenen Chemikers Klaproth's, dem Königlichen Mineralien-Kabinette einverleibter Sammlung mit der Etikette *Πλοχαγροννο* liegt, welches griechische Wort offenbar »Ofen-Mörtel« bezeichnet.

Man hielt diese Erdarten allgemein für unorganisch, und ihr Auffinden für ein zufälliges Glück, weshalb denn ihre technische Benutzung sich wenig verbreiten konnte.

Die am meisten gerühmten jener verschiedenen Erdarten Italiens, Frankreichs und Griechenlands habe ich nun seit einer Reihe von Jahren untersucht, und der

Academie auch seit 1836 schon mitgetheilt, daß die Erden von Santafiora, Ceyssat (nicht Ceypah) und Zante ihre Eigenthümlichkeit dem Umstande verdanken, daß sie Zusammenhäufungen unsichtbar kleiner Kieselschalen von Infusorien sind.

Die neueren Fortschritte in der Kenntniß des Einflusses der unsichtbaren kleinen Thiere haben meine Aufmerksamkeit nun auch auf die technische Anwendbarkeit derselben gelenkt, und da von vielen Seiten und auch von ganz practischen Männern, wozu man doch den Vitruvius Pollio, römischen Baumeister des Kaisers Augustus, sowohl, als den Bergwerksdirector Hrn. Fournet in Lyon, zählen muß, die Nützlichkeit des Infusorien-Thones (*γῆ ἀργιλωδής*) für vielerlei technische Zwecke hervorgehoben worden ist, so scheint es mir zweckmäßig, in wissenschaftlicher Form auf die nahe Gelegenheit aufmerksam zu machen, welche man in der hiesigen Hauptstadt sowohl, als wahrscheinlich im ganzen Spree- und Havelthale, ja wohl in allen unteren Flußgebieten und Küstenniederungen Deutschlands, wie aller Länder hat, diese Nützlichkeit zu prüfen und anzuwenden.

Das unter den Häusern Berlins am Spreeufer liegende, zuweilen sehr mächtige Infusorienlager ist da, wo es, frisch gegraben, silbergrau, trocken, pfeifenthonartig weiß aussieht, von ganz derselben Beschaffenheit wie das italienische und das französische, aber bedeutend mächtiger und ausgedehnter als jene. Durch die Gefälligkeit des Hrn. Geh. Bergraths Frick, Directors der Königl. Porcellanfabrik, habe ich einige Mauersteine anfertigen zu lassen Gelegenheit gehabt, von denen ich der Academie einige Proben vorgelegt habe. Ein gewöhnlicher Mauerstein wiegt 7 bis 8 Pfund und darüber. Ein fast eben so großer von dem Berliner Infusorien-Thon wiegt weniger als 2 Pfund. Mit Wachs überzogene Stücke schwimmen wie Kork auf dem Wasser. Das stärkste Porcellanofenfeuer schmilzt diese Steine nicht und

verkürzt sie wenig. Durch Zusatz von etwas Thon oder Lehm wird die Festigkeit den gewöhnlichen Mauersteinen gleich, wohl sogar besser, aber die Schwere nicht bis zur Hälfte erhöht.

Die übrigen Benutzungen zum Poliren, zum Formen, zum Ausfüttern aller Feuerstellen, besonders derer, welche starke Hitzgrade zu erleiden haben, zu Brandmauern der Häuser, zum Bauen von steinernen Behältern oder Unterlagen auf Schiffen reihen sich an jene des Wölbens und der gewichtloser zu haltenden inneren Bedeckungen an, und werden, wie ich glaube, in neuer Zeit wie in der alten, mannichfachen Nutzen auch in Deutschland, Schweden, Finnland, Nordamerika, gewähren, sobald die Anwendung mit der gehörigen Umsicht vorgenommen wird.

### XV. *Beobachtungen über die Nordlichter und das Funkeln der Fixsterne in Schottland; von Hrn. Necker de Saussure.*

(Aus einem Briefe an Hrn. Arago. — *Compt. rend. T. XII p. 346.*)

— Ob man die Lichtscheine vom 13. Nov. und 31. Dec. 1839, vom 5., 28., 31. Jan., 26. und 28. Febr., 2., 5. und 26. März 1840 als Nordlichter betrachten dürfe, ist sehr zweifelhaft. Alle übrigen sind wahrhafte Nordlichter, und mehr oder weniger schöne. Unter diesen gab es nur ein einziges, welches roth war, dasjenige vom 3. Jan. 1840, welches auch in Genf gesehen wurde.

Die Nordlichter sind ohne Vergleich gröfser, schöner und complicirter auf der Insel Sky als bei Edinburgh. Hier erreichen sie selten das Zenith; auf Sky dagegen gehen sie beständig darüber hinaus, und nehmen den gröfsten Theil des Himmels ein.

Das vom 3. Sept. 1839 war sogar lediglich auf den südlichen Himmel beschränkt; es ist das einzige dieser Art, welches ich gesehen habe.

Häufig geschah es, sowohl zu Edinburgh als auf Sky, dafs zwei Abende hinter einander schöne und grofse Nordlichter sichtbar waren.

Drei Mal habe ich Nordlichter gesehen, die vor Sonnenuntergang aufingen, und ihre hellen, weissen Licht-

säulen auf das noch am Abendhimmel vorhandene Gelb und Orange projecirten. Es war zu Sky am 4. Sept. und 28. Oct. 1839, und am 4. Jan. 1840.

Niemals vermochte ich ein eigenthümliches Geräusch zu hören, nicht einmal während der gröfsten und lebhaftesten Nordlichter zu Sky, wo die gröfste Ruhe und die tiefste Stille herrschte. Dennoch habe ich auf den Shetlands-Inseln viele Zeugnisse in dieser Beziehung gesammelt, die um so merkwürdiger sind, als sie ganz freiwillig waren und durch keine Frage von meiner Seite beeinträchtigt wurden.

Personen verschiedenen Standes, die auf diesen Inseln sehr entfernt von einander wohnen, sagten einstimmig, dafs das Nordlicht, wenn es stark sey, von einem Geräusch begleitet werde, und alle verglichen es einstimmig mit dem einer Schwinge (*van*), mit welcher man Getraide reinigt.

Eine der Personen, welche von der Northern Lighthouses Company zu Edinburgh mit der Anstellung meteorologischer Beobachtungen auf dem Leuchthurm von Sumburgh-head beauftragt sind, und die deshalb Uebung im genauen Beobachten haben, sagte mir selbst und von freien Stücken, dafs diefs Geräusch immer deutlich hörbar sey, und sie fügte sogar hinzu, dafs sie es bei verschlossenen Fensterladen in den Stuben des Leuchthurms gehört, und ihr dieses als Anzeige gedient habe, dafs draussen ein Nordlicht vorhanden sey, was sie denn auch bestätigt gefunden.

Mehrnals waren die Nordlichter von Reif begleitet, und den meisten von ihnen folgten grofse Schnee- oder Regenfälle und heftige Windstöße und Stürme. In dieser Beziehung bestätigen also meine Beobachtungen die in Schottland allgemein verbreitete Meinung, dafs die Nordlichter Vorboten von schlechtem Wetter und starken Winden seyen.

Ich habe mir von Hrn. J. D. Forbes sagen lassen, dafs zu Edinburg die Fixsterne, selbst die gröfsten, niemals funkeln, ausgenommen bei Nordlichtern. Meine eigenen Beobachtungen bestätigen im Allgemeinen diese Bemerkung. Es ist wahr, dafs in diesen Gegenden die Fixsterne nicht funkeln, oder wenigstens habe ich nur selten, und zwar bei denen erster Gröfse, ein schwaches Funkeln bemerkt.

Auf Sky dagegen flimmern und funkeln die Fixsterne eben so lebhaft als in den schönsten Nächten in Frankreich und der Schweiz. So verhält es sich auch auf den übrigen Hebriden, auf den Orkaden, den Sbetlands-Inseln, an der ganzen Westküste des nördlichen Schottlands und in der hohen Region oder den Highlands. Es ist jedoch zu bemerken, daß es in allen diesen Gegenden keine große Stadt, kaum ein Flecken oder ein großes Dorf giebt, keine bedeutenden Fabriken und Manufacturen, die viel Steinkohle verbrennten; die dünn gesäte Bevölkerung dieser einsamen Gegenden brennt nur Torf oder Holz, dessen leichter Rauch sich bald nach allen Seiten zerstreut und die Atmosphäre nicht verdunkelt. Auch ist der Himmel dort so rein wie auf dem Continent. Dagegen, in dem ganzen unteren Schottland, an der Ost- und Nordost-Küste dieses Landes, wo Städte und große Dörfer, Fabriken und Manufacturen überreichlich vorhanden sind, und die Steinkohle das stete Brennmaterial bildet, ist nicht nur in Städten und deren unmittelbarer Nachbarschaft die Atmosphäre verdunkelt durch dicken Rauch, den der Wind bald hie-, bald dahin treibt, sondern man kann selbst noch auf den von den Städten entferntesten Feldern zu allen Jahreszeiten gewahren, daß die Luft wegen dieses Steinkohlenrauchs dunstig ist. So ist es in ganz England, und selbst auf der Nordsee, an der Ostküste Britanniens, hat mich bei meinen oftmaligen Reisen die geringe Klarheit der Luft und das dunstige Ansehen dieser Gegenden immer in Verwunderung gesetzt. Nichts hat mich deutlicher überzeugt, daß dieß nur von Steinkohlenrauch herrührt, als der Umstand, daß ich, während der schönsten Monate des Frühlings und des anfangenden Sommers 1839, während die Insel Arran sich der reinsten Luft und des heitersten Himmels erfreute, von dieser Insel aus, und besonders von den Gipfeln der Berge herab, die gegenüberliegenden Küsten der Grafschaften Ayr und Renfrew beständig von einer dicken Nebelschicht, ähnlich einer langen Wolkenbank von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Grad Höhe über dem Horizont, bedeckt sah. Es ist daher nicht zu verwundern, daß das Funkeln der Sterne davon ergriffen wird. Wie aber kann das Nordlicht dieses Funkeln wiederherstellen? — Das weiß ich nicht.